This is a digital copy of a book that was preserved for generations on library shelves before it was carefully scanned by Google as part of a project to make the world's books discoverable online.

It has survived long enough for the copyright to expire and the book to enter the public domain. A public domain book is one that was never subject to copyright or whose legal copyright term has expired. Whether a book is in the public domain may vary country to country. Public domain books are our gateways to the past, representing a wealth of history, culture and knowledge that's often difficult to discover.

Marks, notations and other marginalia present in the original volume will appear in this file - a reminder of this book's long journey from the publisher to a library and finally to you.

Usage guidelines

Google is proud to partner with libraries to digitize public domain materials and make them widely accessible. Public domain books belong to the public and we are merely their custodians. Nevertheless, this work is expensive, so in order to keep providing this resource, we have taken steps to prevent abuse by commercial parties, including placing technical restrictions on automated querying.

We also ask that you:

+ *Make non-commercial use of the files* We designed Google Book Search for use by individuals, and we request that you use these files for personal, non-commercial purposes.

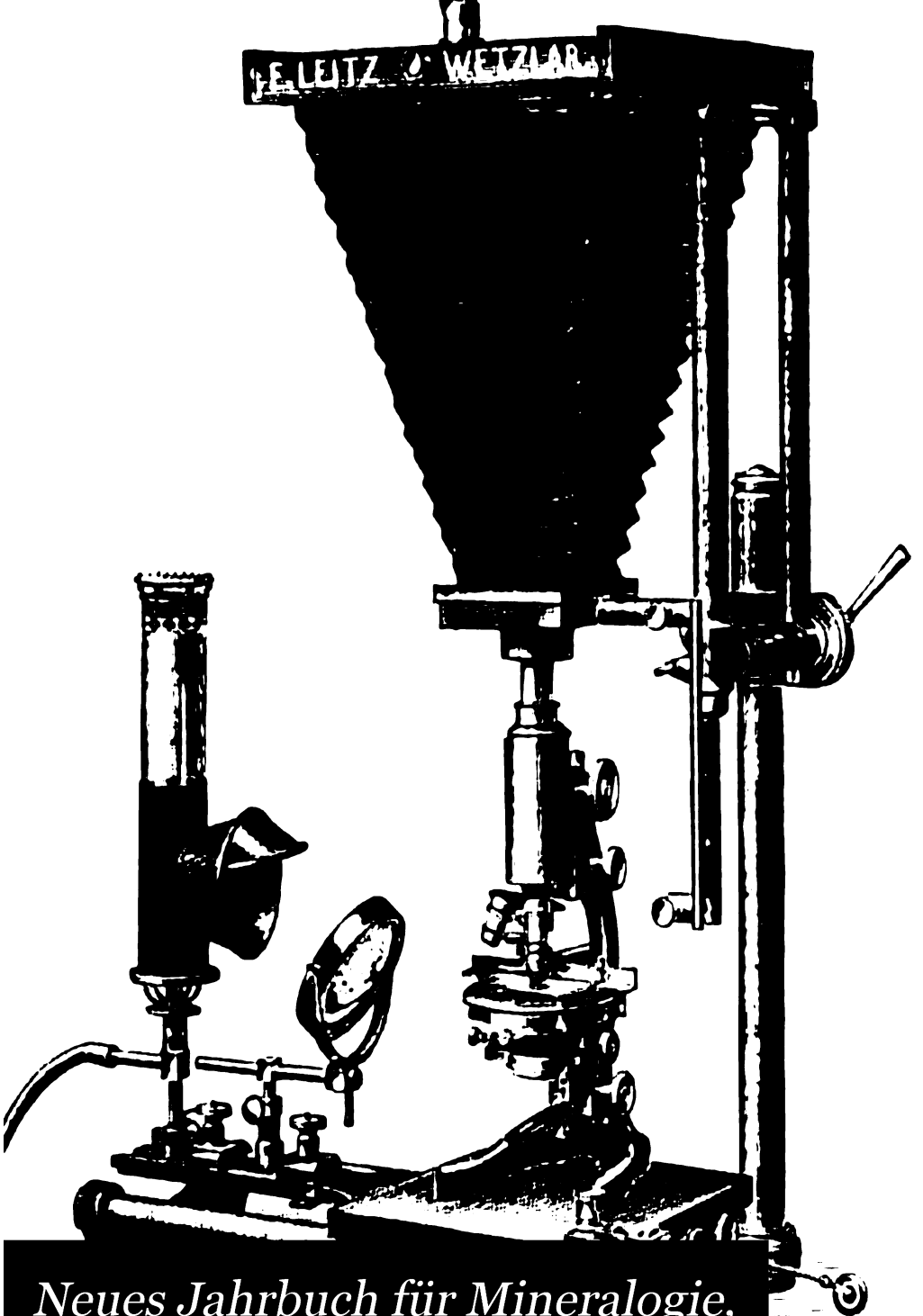
+ *Refrain from automated querying* Do not send automated queries of any sort to Google's system: If you are conducting research on machine translation, optical character recognition or other areas where access to a large amount of text is helpful, please contact us. We encourage the use of public domain materials for these purposes and may be able to help.

+ *Maintain attribution* The Google "watermark" you see on each file is essential for informing people about this project and helping them find additional materials through Google Book Search. Please do not remove it.

+ *Keep it legal* Whatever your use, remember that you are responsible for ensuring that what you are doing is legal. Do not assume that just because we believe a book is in the public domain for users in the United States, that the work is also in the public domain for users in other countries. Whether a book is still in copyright varies from country to country, and we can't offer guidance on whether any specific use of any specific book is allowed. Please do not assume that a book's appearance in Google Book Search means it can be used in any manner anywhere in the world. Copyright infringement liability can be quite severe.

About Google Book Search

Google's mission is to organize the world's information and to make it universally accessible and useful. Google Book Search helps readers discover the world's books while helping authors and publishers reach new audiences. You can search through the full text of this book on the web at `http://books.google.com/`



Neues Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

Digitized by Google

Digitized by Google

SCIENCE LIBRARY
QE
1
.N48

Digitized by Google

Digitized by Google

8732

Neues Jahrbuch

für

Mineralogie, Geologie und Paläontologie.

Unter Mitwirkung einer Anzahl von Fachgenossen

herausgegeben von

M. Bauer, in Marburg. **E. Koken,** in Tübingen. **Th. Liebisch** in Göttingen.

XXIII. Beilage-Band.

Mit XVII Tafeln, 6 Stereoskopbildern und 53 Textfiguren.

STUTTGART.
E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele).
1907.

Digitized by Google

Alle Rechte vorbehalten.

Druck von Carl Grüninger, K. Hofbuchdruckerei Zu Gutenberg (Klett & Hartmann), Stuttgart.

Digitized by Google

Inhalt.

Seite

Deninger, K.: Die mesozoischen Formationen auf Sardinien. (Mit Taf. XIII—XV.) 435

Freis, R.: Experimentaluntersuchungen über die Ausscheidungsfolge von Silikaten bei 2 und 3 Komponenten. (Mit Taf. III und 13 Textfiguren.) 43

Heinich, R.: Die geologisch-petrographischen Verhältnisse der Umgegend von Rothau im böhmischen Erzgebirge. (Mit Taf. XVI und 2 Textfiguren.) . 474

Johnsen, A.: Untersuchungen über Kristallzwillinge und deren Zusammenhang mit anderen Erscheinungen. (Mit 23 Textfiguren und 1 Tabelle.) 237

Lincio, G.: Das neue Leitz'sche mineralogische Mikroskopmodell A. (Mit 6 Stereoskopbildern und 10 Textfiguren.) 163

Mitteilungen aus dem mineralogischen Institut der Universität Kiel.

1. G. Reimann: Beiträge zur Kenntnis des Turmalins aus Brasilien. (Mit Taf. IV—VI.) 91

Müller, H.: Essexit und verwandte Gesteine der Löwenburg im Siebengebirge am Rhein 406

Pfaff, F. W.: Über Dolomit und seine Entstehung . 529

Rimann, E.: Beitrag zur Kenntnis der Diabase des Fichtelgebirges, im besonderen des Leukophyrs Gümbel's. (Mit Taf. I, II und 3 Textfiguren.) . . 1

172660

Digitized by Google

Seite

Steinmann, G.: Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Südamerika.
XII. O. Haupt: Beiträge zur Fauna des oberen Malm und der unteren Kreide in der argentinischen Cordillere. (Mit Taf. VII—X.) 187
Walter, K.: Über Apatit vom Epprechtstein in Bayern und von Luxullian in Cornwall. (Mit Taf. XVII.) 581
Wiegel, H.: Petrographische Untersuchung der Basalte des Schwälmerlandes bis an den Vogelsberg. (Mit Taf. XI, XII und 2 Textfiguren.) 345
Druckfehlerberichtigung 434

Digitized by Google

Beitrag zur Kenntnis der Diabase des Fichtelgebirges, im besonderen des Leukophyrs GÜMBEL's.

Von

Eberhard Rimann.

Mit Taf. I, II und 3 Textfiguren.

Inhalt.

Seite

I. Historisches 2
II. Die Diabase des Fichtelgebirges einschließlich der sogen. Leukophyre:
a) Ergußdiabase 6
b) Intrusivdiabase 12
III. Zusammenfassung 40

Literatur.

1. GÜMBEL: Die paläolithischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirges. München 1874.
2. — Geognostische Beschreibung des Königreichs Bayern. III. Abt.: „Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges." Gotha 1879.
3. ZIRKEL: Lehrbuch der Petrographie. II. Aufl. 2. Leipzig 1894
4. MICHEL-LÉVY: Structures et classification des roches éruptives. Paris 1889.
5. LOSSEN: Vergleichende Studien über die Gesteine des Spiemonts und des Bosenberges bei St. Wendel und verwandte benachbarte Eruptivtypen aus der Zeit des Rotliegenden. Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst. u. Bergakad. zu Berlin f. d. Jahr 1889. Berlin 1892.
6. ROSENBUSCH: Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. 2. Massige Gesteine. 3. Aufl. Stuttgart 1896.
7. PELIKAN: Die Schalsteine des Fichtelgebirges, aus dem Harze, von Nassau und aus den Vogesen. Sitz.-Ber. Wiener Akademie etc. Wien 1899.
8. ROSENBUSCH, Elemente der Gesteinslehre. 2. Aufl. Stuttgart 1901.

Digitized by Google

I.

Unter den Eruptivgesteinen des Gebietes, welches sich von Hof aus nach SW. am Westrande der Münchberger Gneisplatte[1], nach NW. dem Thüringer- und Frankenwalde zustrebend und nach NO. in der Richtung des Erzgebirges in flachgewellten Hügeln hinzieht, nehmen die erste und das geologische Bild nicht weniger wie das Landschaftsbild charakterisierende Stellung die sogen. Grünsteine ein. Eine kurze Beschreibung derselben, soweit sie in dem zu Bayern gehörigen Anteile des skizzierten Gebietes auftreten, gab zuerst Gümbel in seiner 1874 erschienenen Mitteilung: „Die paläolithischen Eruptivgesteine des Fichtelgebirges", um die Ergebnisse einer eingehenden Untersuchung derselben dann in seinem größeren Werke: „Geognostische Beschreibung des Fichtelgebirges" niederzulegen.

Gümbel stellte[2], indem er dabei zuerst von den Schalstein-, Tuff- und Breccienbildungen absah, „nach der Mineralzusammensetzung, dem übrigen physikalischen Verhalten, dem Alter und der Art des Auftretens in den paläolithischen Sedimentschichten" innerhalb der Gruppe der Grünsteine folgende selbständige Einzelgruppen auf:

„Epidiorit,
Proterobas,
Leukophyr,
Diabas,
Lamprophyr."

Für den Epidiorit ist schon längere Zeit nachgewiesen, daß er ein Umwandlungsprodukt des Diabases ist[3]. Die Selbständigkeit des Proterobas muß in Anbetracht des Umstandes, daß man (nach Rosenbusch) keinen Proterobas aus ungestörtem

[1] Nach den Angaben Dülls (Düll, Über die Eklogite des Münchberger Gneisgebietes. Ein Beitrag zur Kenntnis ihrer genetischen Verhältnisse. Geognost. Jahreshefte. XV. Jahrg. 1902. München 1903. p. 72) ist der Münchberger Gneis — übrigens in Übereinstimmung mit einer Anschauung Naumann's (vergl. C. F. Naumann, Über die Münchberger Gneisbildung. Dies. Jahrb. 1863. p. 1) — „eine granitische Eruptivmasse und ist jünger als die paläozoischen Schichten, welche er ringsum überlagert".

[2] Vergl. 1. p. 9.

[3] Vergl. 3. 2. p. 646 ff.

Digitized by Google

Gebirge kennt und die primäre Natur der Hornblende nur bei den wenigsten Vorkommnissen wahrscheinlich gemacht wird, in Zweifel gezogen oder es muß dieser Name in anderem Sinne als dem seines Urhebers gebraucht werden[1]. Der Lamprophyr ist zwar als Gruppenbezeichnung in der Wissenschaft eingeführt, doch in anderem und weiterem Sinne, als ihn wohl Gümbel gefaßt wissen wollte[2]. Ebenso verschiedenartig beurteilt wie die genannten Diabastypen, in ihrer genetischen Beziehung zur Gruppe der Grünsteine aber noch weniger klargestellt ist diejenige Abart, welche Gümbel als Leukophyr von dem Diabas trennen zu müssen glaubte.

Auf Anregung des Herrn Prof. Kalkowsky, welchem an dieser Stelle dafür gedankt sei, unternahm ich eine nähere Untersuchung dieses Typus.

Meinem hochverehrten Lehrer, Herrn Geheimen Rat Prof. Dr. Ferdinand Zirkel, welcher mir jederzeit in liebenswürdigster Weise seine Hilfe angedeihen ließ, spreche ich meinen aufrichtigsten Dank aus.

Die Orientierung über die unten ausgeführten Verhältnisse wurde ebenso wie das zur Untersuchung herangezogene Material in einer dreimaligen Begehung des oben skizzierten Gebietes gewonnen. Die seit wenigen Jahren auch in der Hofer Gegend zur Blüte gelangte Steinbruchindustrie hat sich hier besonders den Abbau und die Verwertung des in breiten Lagergängen die Schiefer durchsetzenden und Hügelreihen bildenden Leukophyrs und des in schalig gewölbten Partien über das Niveau hervortretenden Diabastuffes zum Ziel gesetzt und dadurch Aufschlüsse geschaffen, welche allein es möglich machen, an der Hand relativ frischen Materials das Wesen des Leukophyrs an sich und sein Verhältnis zu den übrigen Diabasen des Fichtelgebirges, bezw. des Vogtlandes einer erneuten Untersuchung zu unterziehen.

Über die Zusammensetzung des Leukophyrs äußert sich nun Gümbel selbst in seiner erstgenannten Schrift: „Leukophyr, ein gegenüber dem Diabas auffallend hellfarbiges, grünlichweißes Gestein mit saussuritartigem Plagioklas, blaßgrünem Augit (ohne Hornblende und selten mit rötlichbraunem Augit),

[1] Vergl. 3. 2. p. 642/643.

[2] Vergl. 3. 2. p 341.

Digitized by Google

mit einem chloritischen Gemengteile in großer Menge und plattenförmigem Titaneisen[1]."

„Dazu gesellt sich weiter Quarz und ein orthoklasischer Feldspat, aber, wie es scheint, nur in sehr untergeordneter Weise ... Das Gestein überzieht sich an der Oberfläche mit einer hellen, stellenweise ockerfarbigen zähen Verwitterungsrinde und findet sich hier meist in rundlichen Blöcken ausgestreut in der Richtung langgezogener Gänge, auf welche es sich innerhalb der tieferen Silurschichten beschränkt[2]."

Auf Grund von Untersuchungen von seiten Rosenbusch's konnte Gümbel am Ende seines Werkes dem Leukophyrtypus eine weitere Fassung geben, und zwar sind danach als Leukophyre aufzufassen „diejenigen olivinfreien diabasartigen Gesteine, bei welchen der Augit auffallend stark zurücktritt, Hornblende und Magnesiaglimmer ganz fehlen, dagegen der Plagioklas als vorherrschender Gemengteil z. T. eine Umwandlung in eine saussuritähnliche Substanz erlitten hat ... In bezug auf die Lagerungsverhältnisse teilt das Gestein ganz die Natur der Diabase[3]." Diesem scheinbar so wohl begrenzten Typus wurde nun — ähnlich den anderen von Gümbel aufgestellten Abarten des Diabases — die verschiedenste Behandlung zuteil. So zögert einesteils Zirkel[4] nicht, zuzugeben, daß hier ein petrographisch sehr wohl charakterisierter Typus seine Abgrenzung und Hervorhebung erfahren hat, wennschon die Erfordernis des silurischen Alters aus der Definition ausfallen müßte und „der Name selbst insofern nicht angemessen gewählt ist, als das Gestein nichts an sich trägt, was die sonst nur auf Porphyrstruktur sich beziehende Endsilbe rechtfertigte". Auch in v. Dechen's geologischer und paläontologischer Übersicht der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen fand der Name auf Grund von Bestimmungen von Rosenbusch bald Aufnahme[5]. Michel-Lévy[6] sogar bezeichnet

[1] Vergl. 1. p. 9 u. 33 ff.
[2] Vergl. 2. p. 193 ff.
[3] Vergl. 2. p. 587.
[4] Vergl. 3. 2. p. 640.
[5] Erläuterungen der geologischen Karte der Rheinprovinz und der Provinz Westfalen 1884. 2. p. 34, 35.
[6] Vergl. 4. p. 49.

Digitized by Google

den Leukophyr als „type acide avec orthose(?) et quartz", obschon die von Gümbel mitgeteilten Analysen durchaus nicht von dem basischen Charakter der gewöhnlichen Diabase abweichen.

Zu einem anderen Schlusse gelangt indessen Lossen[1] auf Grund von Untersuchungen an Harzer Diabasen aus der oberen Hälfte der unteren Wieder Schiefer im Liegenden des Hauptquarzites, welche ganz unverkennbar Leukophyrzustand zeigen (Vorkommen aus dem westlichen Forstort Untere Lehmwege im Wendefurter Oberforst) und größere Übereinstimmung mit Gümbel's Leukophyr aufweisen, als etwa die vogesischen Leukophyre, die sowohl chemisch als auch durch vorwiegenden Magneteisengehalt an Stelle des Titaneisens abweichen. Nach ihm ist „Leukophyr nicht so sehr eine besondere Diabasspielart, als vielmehr eine eigenartige Umbildungsweise der normalen Diabase mit lichtgefärbtem Augit". Weiterhin sagt er: „Wenn Rosenbusch den Gruppencharakter der Leukophyre in dem auffallend starken Zurücktreten des Augites sehen möchte und v. Gümbel dem neuerdings in seiner Geologie von Bayern (I. 1. p. 133) beizupflichten scheint, indem er das Zurücktreten der Pyroxenite als das Charakteristische angibt, so steht dem, soweit diese Charakteristik für den ursprünglichen Mineralbestand des Gesteins gelten soll, meines Erachtens der mikroskopisch-chemische Befund entgegen. Der geringe Gehalt an Augit gehört also wohl zu den sekundären, durch Verwitterung, nicht aber zu den primären, durch die ursprüngliche Auskristallisierung hervorgerufenen Eigentümlichkeiten des Leukophyrs."

Dieser Anschauung Lossen's schloß sich dann auch Rosenbusch[2] an. Über den Leukophyr schreibt er: „Unter allen diesen Vorkommnissen (von Leukophyr) ist keines frisch, und es muß dahingestellt bleiben, ob dem Leukophyrtypus eine Selbständigkeit zukomme, oder ob die Armut an farbigen Gemengteilen, d. h. an Augit, lediglich, wie viele Kenner dieser Gesteine behaupten, eine Folge der Zersetzung sei."

In neuerer Zeit hat sich Pelikan[3] die Untersuchungen

[1] Vergl. 5. p. 258 ff.
[2] Vergl. 6. 2.
[3] Vergl. 7.

Digitized by Google

fichtelgebirgischer Schalsteine angelegen sein lassen. Doch finden sich bei ihm keine Angaben über einen Leukophyr aus dem behandelten Gebiete, so daß zurzeit noch auf die Untersuchungen Gümbel's zurückgegriffen werden muß.

Was die geologischen Verhältnisse der in Rede stehenden Gegenden betrifft, so sei hier auf die Mitteilungen Gümbel's hingewiesen (cf. 2, besonders p. 416, 419, 436, 477). Neuere stratigraphische Untersuchungen des Gebietes haben noch nicht stattgefunden.

II a.

Wenn man das oben skizzierte Gebiet speziell in bezug auf seine Diabase untersucht und dabei zunächst absieht von den teilweise als Begleitmassen aufzufassenden Tuffen, sowie von den nur untergeordnet auftretenden Diabasabarten, die Gümbel als Epidiorit und Proterobas ausgeschieden hat, so fällt schon bei makroskopischer Betrachtung ein deutlicher Gegensatz innerhalb der Diabasgruppe auf. Auf der einen Seite sind es grün-, violett- bis schwarzgraue, also dunkel gefärbte, teilweise aphanitische Gesteine, mit mehr oder weniger porphyrischen Einsprenglingen von Augit bezw. Feldspat und dann als Augit- bezw. diabasische Labradorporphyre den reinen aphanitischen Spiliten gegenübergestellt. Ihr Auftreten ist wesentlich ein effusiv-deckenförmiges, in ihrer Gefolgschaft befinden sich meistens Tuffe[1]. Ich rechne hierher u. a. die Vorkommnisse vom Labyrinth, von 542 und 538 (Kienberg am Krebsbach[2]), von Ober-Hartmannsreuth, vom Teufelsberg bei Hof, von Rodesgrün und Selbitz (westlich von Selbitz-Abhang zur Selbitz), vom Abhang des Spiegelwaldes zwischen Bobengrün—Tierbach—Marxgrün. Die Zahl der Fundpunkte dürfte sich natürlich leicht vermehren lassen[3].

---

[1] Pelikan bemerkt, daß „von gangförmigen Vorkommen abgesehen, die meisten, wenn nicht alle fichtelgebirgischen Diabase als Deckenergüsse aufzufassen sind. Intrusivmassen, die durch körnige Struktur und durch kontaktmetamorphe Beeinflussung der Hüllschichten ausgezeichnet sind, ließen sich bis jetzt im Fichtelgebirge nicht nachweisen".

[2] Die Zahlen beziehen sich auf Höhenangaben der bayrischen Generalstabskarte 1 : 50000.

[3] Vergl. z. B. 7. p. 13.

Digitized by Google

Die makroskopischen Eigenheiten des anderen Typus sind begründet 1. in seiner Mittel- bis Feinkörnigkeit und 2. in seiner hellgrünen Farbe. Dieses letztere Gestein, welches bei weitem größere Verbreitung hat als die Diabase mit spilitartigem und porphyrischem Typus, tritt in Lagergängen bezw. Gängen auf; mit seinen Intrusionen sind niemals Tuffe in genetischem Zusammenhange zu beobachten. Zu dieser zweiten Gruppe nun steht jene Diabasabänderung, welche Gümbel unter dem Namen Leukophyr abtrennen zu müssen glaubte, in naher Beziehung. Einmal deshalb, weil sie zunächst in bezug auf die Lagerungsverhältnisse — ganz die Natur dieser körnigen Diabase teilt, d. h. wie diese in Gängen und Lagern ohne Tuffe auftritt. Sodann ist der von Gümbel betonte Farbenunterschied, demgemäß dem Leukophyr eine auffallend helle Farbe zukommen soll, nicht derartig scharf ausgeprägt und konstant, daß auf Grund dessen der Leukophyr von den anderen, ebenfalls mehr oder weniger hellen körnigen Diabasen getrennt zu werden verdient. Sonach würde es, abgesehen von dem intrusiven Charakter, nur das mikroskopische Verhalten sein, wodurch sich der Leukophyr als „durchaus eigenartig" zu erkennen gäbe. Selbstverständlich wird diese Frage nur behandelt werden können, wenn möglichst viele der zwar körnigen, aber nicht zum Leukophyr gerechneten Vorkommnisse zum Vergleich herangezogen werden.

Vorher dürfte es jedoch angemessen sein, eine Charakteristik der ersterwähnten aphanitischen Ergußdiabase zu versuchen, obschon die sogen. Leukophyre nach dem eben Gesagten sowohl struktuell als geologisch mit ihnen in keiner Verbindung stehen. Gemeinsam behandelt werden können zunächst die Deckendiabase vom Labyrinth bei Hof, von 542 und 538 am Krebsbach, von Ober-Hartmannsreuth, vom Teufelsberg bei Hof und vom NW.-Abhang des Spiegelwaldes gegen Bobengrün, Tierbach, Marxgrün. Allen diesen gemeinsam ist — in mikroskopischer Beziehung — eine Grundmasse fluidal angeordneter Feldspatleistchen, und zwischen ihnen verstreut liegender Augitkörnchen; erstere sind z. T. mit den chloritischen Umwandlungsprodukten der Augitkörnchen erfüllt, z. T. kaolinisiert; sie besitzen wohl auch und dann besonders in Querschnitten deutlich erkennbar — einen dunklen Kern

Digitized by Google

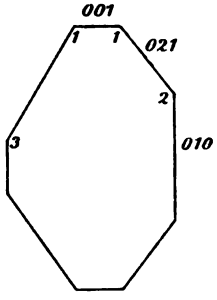
von Basis oder von zu Leukoxen umgewandeltem Titaneisen (Bobengrün 597), ähnlich wie Pelikan von einem zwischen Ullitz und Trogen anstehenden Spilit berichtet[1]. Sind die winzigen hellrötlichen Augitkörnchen, deren Vorhandensein oft erst im polarisierten Lichte zu erkennen ist, zum größten Teil in chloritische Substanz umgewandelt, dann erscheinen die Feldspatleistchen wie darin eingebettet. Apatit in erkennbaren Individuen fehlt gänzlich. Durch den ganzen Schliff verteilt sich gekörneltes Titaneisen, teilweise in braungelbe, hochpolarisierende Wärzchen übergehend, die mit Pelikan für Titanit zu halten sind[2]. Als weitere sekundäre Produkte liegen Epidotkörnchen, Calcit, Quarzkörnchen vor. An keinem der hier zur Besprechung gelangenden Vorkommnisse erweist sich der Diabas als einsprenglingsfrei; bald sind es Augite, bald Feldspate, gewöhnlich aber beide zusammen, welche als größere Ausscheidungen angetroffen werden. Als eine dritte Art von Einsprenglingen gehen Pseudomorphosen von chloritischer bezw. serpentiniger Substanz mit den beiden anderen Hand in Hand. Die breit leistenförmigen Feldspate sind sämtlich gerundet und ausgebuchtet, ihre Lamellen unscharf, im Inneren führen sie zuweilen als Einschlüsse teils „Grundmasse", teils chloritisierte Basis; vereinzelt frisch, zeigen sie andernteils auch Kaolinisierung oder beginnende Pseudophitisierung (Ober-Hartmannsreuth). Auf Spalten schließlich setzen sich Infiltrationsprodukte, von der Umwandlung der Augite stammend, also chloritischer Natur, unter Abscheidung von Epidot ab.

Die Augite, am meisten verbreitet unter den Einsprenglingen, sind ebenfalls vielfach magmatisch korrodiert und nur äußerst selten, und zwar bloß bei kleineren Individuen, kristallographisch begrenzt. Von heller Farbe mit einem schwachen Stich ins Rötliche führen sie in ihrem Inneren ebenfalls Lappen einer teilweise zu chloritischer Substanz umgewandelten Basis. Diese größeren Augite sind sämtlich frisch, nur selten von einer chloritischen Ader durchzogen. Was die Pseudomorphosen betrifft, so muß betont werden, daß sie in auffallendem Gegensatze zu den eben besprochenen

[1] Vergl. 7. p. 13.
[2] Vergl. 7. p. 8.

Digitized by Google

als Einsprenglinge auftretenden Feldspaten und Augiten stets kristallographisch sehr gut begrenzt sind, ohne daß indes — wenige Fälle ausgenommen — die Begrenzung sichere Andeutungen auf das ursprüngliche Mineral zuließe, daß ferner Übergänge, etwa ein Kern noch unzersetzter Primärsubstanz in einer sekundären Masse keineswegs vorhanden sind. Wenn Schauf[1] bei Besprechung vitrophyrer Diabase der Dillenburger Gegend betont: „Das Auftreten ganz frischer Augitkristalle neben Viridit ist überhaupt kein Beweis gegen die Herkunft des letzteren aus dem ersteren, da von vornherein nicht anzunehmen ist, daß die Spältchen, welche einem Gesteine die Sickerwässer zuführen, ganz gleichmäßig verlaufen und so einen gleichmäßigen Umwandlungsprozeß hervorrufen werden", so mag das auch hier seine Richtigkeit haben, und diejenigen Chloritpseudomorphosen, welche dieselbe magmatische Korrosion wie die noch frischen Augite zeigen, mögen auf diese zurückgeführt werden. Der Gegensatz zwischen diesen gerundeten Individuen und den kristallographisch wohl begrenzten Pseudomorphosen aber ist zu groß, um einen ursächlichen Zusammenhang zwischen beiden anerkennen zu können. Auch diese Einsprenglinge enthalten Einschlüsse von Grundmasse, die hier ausnahmslos noch völlig frisch ist.



Vergr. 30.
1 = 128° (130° 27')
2 = 142° (140° 1')
3 = 140° (140° 1')
Fig. 1.

Es mögen zunächst zwei Pseudomorphosen besprochen werden, welche sich in dem Diabas vom Teufelsberg finden, und — als die einzigen bei den zur Untersuchung gelangten Diabasen — von Serpentin gebildet werden. Sie zeigen das bekannte Maschennetz, auf den Spalten ist gleichzeitig Brauneisen abgeschieden; die einzelnen Fasern greifen zickzackförmig ineinander.

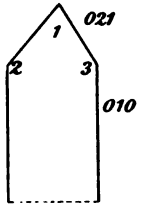
Die Umrisse und Winkelgrößen des einen Individuums lassen keinen Zweifel, daß wir es mit Pseudomorphosen von Serpentin nach Olivin zu tun haben (vergl. Fig. 1, zum Ver-

[1] Schauf, Untersuchungen über nassauische Diabase. Inaug.-Diss. Leipzig. p. 28. Bonn 1880.

Digitized by Google

gleich mit den gemessenen sind die normalen Winkelwerte in Klammern angegeben). Daß Schnitte mit solchen Umrissen weder auf Hornblende noch auf Augit zurückgeführt werden können, ist augenscheinlich. PELIKAN[1] hat wohl als erster auf porphyrische Ausscheidungen von Formen, die auf Olivin deuten, in den Fichtelgebirgsdiabasen aufmerksam gemacht.

Im allgemeinen aber werden die durch ihre Größe und scharfe kristallographische Begrenzung ausgezeichneten Pseudomorphosen nicht von Serpentin, sondern von einer deutlich (hellgrün-weißgelb) pleochroitischen und in breitblätterigen Aggregaten ausgebildeten chloritischen Substanz gebildet. Schnitte, die als Richtschnur dienen könnten für die Feststellung des primären Minerals, sind jedoch sehr selten. Einzelne müssen unzweifelhaft ebenfalls auf Olivin zurückgeführt werden (vergl. Fig. 2). Bei anderen ist es unsicher, ob Schnitte von Augit, Olivin oder Hornblende vorliegen. Bei noch anderen Aggregaten von chloritischem Material oder von Quarzpartikelchen scheint es sich um eine Ausfüllung ehemals vorhanden gewesener Hohlräume zu handeln.



Vergr. 30.
1 = 79° (80° 54′)
2 = 138° } (140° 1′)
3 = 139° }

Fig. 2.

Ein anderes Bild zeigen Schliffe von Deckendiabasen, wie sie westlich hinter Selbitz (am Abhang zur Selbitz) und am Wiesenhaus bei Rodesgrün zu treffen sind. Bei diesen Vorkommnissen wird die Grundmasse von winzigen, mehr weniger fluidal geordneten Augitmikrolithen gebildet, der Zwischenraum ist von einer chloritischen Substanz erfüllt, so daß Feldspat in der Grundmasse völlig fehlt. Als größere Individuen von einsprenglingsartiger Natur finden sich hauptsächlich Augite. Diese mit Farbe und Pleochroismus basaltischer Titanaugite deutlich begabt, sind ausgezeichnet durch auffallend lange prismatische Entwicklung bei geringer Dicke (l : br = 1,2 : 0,08 mm oder 0,77 : 0,09 mm), mit einer großen Zahl von Querrissen, ferner durch die bei allen zu beobachtende Eigentümlich-

[1] A. a. O. p. 15/16.

Digitized by Google

keit, einen Kern chloritischer Substanz zu umhüllen. Häufig liegen in dieser letzteren Masse kleine Titanitwärzchen — analog den Einschlüssen ehemaliger Basis in den Feldspatleisten — und es dürfte wohl auch diese chloritische Substanz auf ehemalige Basis zurückzuführen sein. Indem sich bald mehrere Individuen, in einer Richtung streichend, aneinanderlegen, bald von einem Punkte fächer- oder sternförmig ausstrahlen oder sich durchkreuzen, bald die Form spiraliger Gebilde nachahmen, bieten diese Augite ein äußerst wechselvolles Bild. Neben diesen langen und zerschlitzten Augiten, die hauptsächlich schön in dem Gestein bei Selbitz auftreten, kommen dort noch andere lang streifenförmige Gebilde vor, welche jetzt von (⊥ zur Begrenzungsfläche gestellten) Quarzstengelchen und etwas chloritischer Substanz erfüllt sind. Ob wir es hier mit Pseudomorphosen nach Feldspat zu tun haben, muß dahingestellt bleiben. Die wenigen unregelmäßig verteilten Calcitkörnchen geben jedenfalls auch keinen Aufschluß.

In dem Gestein vom Wiesenhaus bei Rodesgrün zeigen die porphyrischen Augite mehr regelmäßige Gestalt. Von heller Farbe mit zahlreichen Glaseinschlüssen und nur mit einem rötlich violetten Saum tragen sie verschiedentlich Spuren von Kataklase an sich, undulöse Auslöschung, zahlreiche Zwillingsbildung, Zertrümmerung der einzelnen Individuen zu einem Mosaik verschieden orientierter Augitkörnchen. Auch hier treten Pseudomorphosen als porphyrische Einsprenglinge auf. Chloritische Substanz und Quarzaggregate erfüllen Individuen, deren kristallographische Begrenzung leider keinen Schluß auf das primäre Mineral zu ziehen gestattet. Der Umstand aber, daß sich zuweilen in diesen Pseudomorphosen, in welche von den Seiten oft die Grundmasse zungenförmig eingreift, frische Augite finden, kann hier nicht ausschlaggebend sein, da sich beobachten ließ, wie größere Fetzen von Grundmasse, welche in diesen Pseudomorphosen als Einschlüsse liegen, auch größere Augitindividuen in sich enthalten; geht alsdann die Chloritisierung des Einschlusses samt dem Augiteinsprengling vor sich, so kann es ein Stadium geben, wo solche größere Augitindividuen noch unzersetzt in der Pseudomorphose liegen, während alles andere schon chloritisiert ist. Was das mut-

Digitized by Google

maßliche Alter dieser effusiven Diabase betrifft, so berichtet Gümbel, daß die mit dem Deckendiabas vom Labyrinth bei Hof wechselnden Schalsteinlagen zuweilen in einen unreinen Kalk verlaufen, der nicht selten mitteldevonische Versteinerungen beherbergt (a. a. O. 2. p. 483 u. 484). Dasselbe gilt für den Deckendiabas vom Teufelsberg bei Hof. (Zu diesem Abschnitt vergl. Tab. I Fig. 1 u. 2.)

II b.

Wenden wir uns nunmehr nach dieser kurzen Charakteristik der fichtelgebirgischen, effusiven Deckendiabase (Diabasporphyrite) zu der anderen gegensätzlichen Gruppe der intrusiven Diabase, welche als Lagergänge und Gänge das weitaus größte Kontingent zur Gruppe der Fichtelgebirgsdiabase stellen. Wie bei den körnigen Diabasen anderer Gebiete schwankt auch hier die Größe des Kornes verschiedentlich. Von feinkörniger Struktur (Unter-Hartmannsreuth) bis zu fast grobkörniger (Fattigsmühle) finden sich alle Übergänge. Auch die Farbe ist eine wechselnde. Bald gibt das Überwiegen der chloritischen Substanz den Ausschlag und bedingt einen mehr grünlichen Ton, der durch Anhäufungen von Epidot einen Stich ins Gelbliche erlangt (Blechschmiedenhammer), bald verleiht das Titaneisen, oder mehr noch sein Umwandlungsprodukt, der Leukoxen, dem Gestein eine ins violette neigende Farbe.

Wie schon oben erwähnt, gehört in diese Gruppe der körnigen Diabase der sogen. Leukophyr. Gümbel gibt als Fundpunkte für ihn an: „Wartleiteberg bei Köditz, westlich von Hof (nach ihm der ausgedehnteste Fundpunkt dieses Gesteins); Saaltalrand bei Unter-Kotzau, nördlich von Hof, und von da, dem Einschnitte des Regnitzbaches folgend, liegen die Fundstellen bei Feilitzsch und am Schwarzenberg und Lerchenhügel bei Trogen"; untergeordnetes Vorkommen von Leukophyr gibt Gümbel an oberhalb Marxgrün gegen den Spiegelwald bei Naila, zwischen Schlegel und Lichtenbrunn bei Steben, sowie am Eingange des Steinachtales bei Stadt Steinach. „Vereinzelte kleine Massen wurden gefunden bei Schadertal und Groß-Neundorf unfern Gräfental, im Gulitsch bei Heroldsgrün, Brunn bei Köditz, Tiefengrün bei Hof

Digitized by Google

(NO. 108, 7, 8[1]), bei Sellanger unfern Selbitz, an der Muschwitz bei Nordhalben, Possek bei Hof, Rotenburg bei Schauenstein, am Schloßberg von Guttenberg bei der Mühle, bei Wartenfels am Wege nach Rugendorf, an der Lindenmühle bei Wurzbach, am Krummholzhammer bei Lehesten und bei Unter-Hartmannsreuth. Außerhalb des engeren Gebietes traf ich den Leukophyr auch bei der Büchersmühle unfern Zeulenroda." Auf seiner Karte ist außerdem bei Lochau südwestlich von Steben die Signatur für Leukophyr eingetragen, und Gümbel erwähnt selbst[2] ein Vorkommnis von Leukophyr bei Mühldorf, westlich von Leupoldsgrün. Herrn Prof. Kalkowsky verdanke ich die Kenntnis von einem Leukophyrvorkommnis aus der Nähe von Raitschin, südöstlich von Regnitzlosau.

Bei der endgültigen Beantwortung der Frage, ob der Leukophyr

a) in der Tat einen selbständigen Typus in der Reihe der Diabasgesteine bildet und somit mit Recht einen eigenen Namen führt oder ob er

b) nur ein Zersetzungsglied des normalen Diabases oder eines besonderen Gliedes der Diabasgruppe darstellt, welch erstere schon die Anschauung verschiedener Forscher gewesen ist, spielt allein, wie schon oben erwähnt, der mikroskopische Befund die ausschlaggebende Rolle. Denn sowohl stimmt das Gestein in seinen Lagerungsverhältnissen, wie in seiner chemischen Zusammensetzung mit den normalen Fichtelgebirgsdiabasen überein, wie schon Gümbel zugeben mußte, als auch läßt sich nach dem äußeren Ansehen, wie nochmals betont werden muß, keine Grenze ziehen zwischen sogen. Leukophyr und einem körnigen Diabase des Fichtelgebirges.

Es wird nunmehr eine kurze Charakteristik der normalen körnigen Fichtelgebirgsdiabase gegeben werden, sodann eine spezielle Beschreibung der Hauptfundpunkte für den sogen. Leukophyr. Es wird sich hierbei Gelegenheit finden, auch mit einigen Worten auf die im Zusammenhang mit den Intrusivdiabasen in die Erscheinung tretenden Kontaktwirkungen

[1] Gemeint ist Tiefengrün bei Hirschberg an der Saale. Die in Betracht kommende Kuppel besteht aber aus sogen. Epidiorit.

[2] Vergl. 2. p. 437.

Digitized by Google

an den angrenzenden Schiefern und auf die diabasischen Tuffe der behandelten Gegenden einzugehen.

Von den körnigen, intrusiven Diabasen des Fichtelgebirges mögen kurz zusammen besprochen werden die Vorkommnisse von

1. Lerchenhügel bei Trogen*[1];
2. Unter-Hartmannsreuth (578 und 590[2])*;
3. Ullitz bei Haidt;
4. Lottenreuth bei Sachsgrün;
5. 575 nördlich von Ober-Hartmannsreuth;
6. Possek bei Hof[3] (untere Zech und 572, der Pfarrhügel)*;
7. Raitschin südöstlich von Regnitzlosau;
8. Fattigsmühle bei Zedwitz;
9. 603 und 576 bei Naila;
10. Kanal von Naila;
11. 587 bei Marlesreuth;
12. 515 a. d. Culmitz bei Naila;
13. Kreuzbühl;
14. Abhang des Spiegelwaldes südlich Marxgrün*;
15. 628 und 638 bei Lochau;
16. an der Muschwitz bei Schlegel (Kulmberg*);
17. zwischen Schlegel und Lichtenbrunn*;
18. Mühldorf südlich von 649,6 bei Hüttung;
19. Hüttung, 624, südlich von Rothenbürg;
20. Hempla bei Steben[4].

Was die Gesteine der oben angegebenen Fundpunkte gemeinsam behandeln läßt, das liegt in der Tatsache begründet, daß sich dieselben u. d. M. von vornherein als „olivinfreie Titaneisendiabase“ zu erkennen geben, d. h.

---

[1] Die mit * versehenen Vorkommnisse sind von Gümbel als Leukophyr bezeichnet worden, müssen aber auf Grund der mikroskopischen Untersuchung ohne weiteres zu den normalen Diabasen gestellt werden.

[2] Gümbel gibt für den nördlich gelegenen Teil dieses Diabases die Signatur für Leukophyr an. Ein Unterschied zwischen dem am nördlichen Punkte des Hügels anstehenden Diabas und dem übrigen konnte von mir nicht aufgefunden werden.

[3] Possek liegt etwa 1½ Meilen ostnordöstlich von Hof auf sächsischem Gebiet.

[4] Die Vorkommnisse 1—8 liegen O. und NO. von Hof, diejenigen 9—20 NW. und SW. von Hof

Digitized by Google

als wesentliche Gemengteile einen Plagioklas, Augit und Titaneisenerz führen. Die von anderen Gegenden sattsam bekannte Einförmigkeit in der Ausbildung der Diabase macht sich auch hier geltend. Die Struktur ist ophitisch und diese wird selbst dort nicht ganz verwischt, wo unzweifelhaft gequetschte (sog. uralitisierte) Diabase vorliegen (z. B. Lerchenhügel bei Trogen). Das Auftreten selbständig begrenzter und porphyrisch ausgeschiedener, relativ größerer Augite wird dadurch natürlich nicht ausgeschlossen. Am schönsten ist diese Struktur ausgeprägt bei den Diabasen von der Fattigsmühle und 6496, bei Mühldorf. Diese beiden Vorkommnisse[1] nehmen überhaupt auch in der Beschaffenheit ihrer Gemengteile eine Sonderstellung ein, so daß ich ihnen ein jüngeres (nachdevonisches) Alter zuspreche als den anderen hier behandelten Diabasen. Was nun die einzelnen Gemengteile aller dieser Vorkommnisse betrifft, so ist folgendes darüber zu sagen: die langleistenförmigen Feldspate zeigen meistens Einwirkungen chemischer und mechanischer Natur. Sie sind mit den bekannten eigenen und vom Augit herstammenden Umwandlungsprodukten erfüllt, so daß in den wenigsten Fällen Messungen möglich waren. Wo es jedoch der Fall war, wurde für dieselben die Labradoritnatur erwiesen. Die Werte, auf 0P (001) gemessen, schwankten von 11—30°. In anderen Fällen wurde durch die Tinktionsmethode wenigstens ebenfalls festgestellt, daß kalkreiche Glieder der Plagioklasreihe vorliegen (Ullitz, Possek). Zonenbau gelangte an den Plagioklasen der Diabase von Lottenreuth, Ullitz und Mühldorf zur Beobachtung. An Einschlüssen führen die Feldspäte Titaneisen, Zirkon, Biotit, selten Augit (Fattigsmühle, Mühldorf). Als sekundäres Produkt tritt neben den üblichen auch die mit Pseudophit verglichene Substanz auf (628 bei Lochau, Hempla bei Steben, a. d. Muschwitz bei Schlegel).

Es mag hier erwähnt werden das Vorkommen sekundären Feldspates in dem Gestein von 624 bei Mühldorf-Hüttung. Die unzweifelhaft sekundären Individuen fanden sich als Ausfüllungen bauchiger Trümer und ergeben auf Schnitten 0P

[1] Ein makroskopisch und mikroskopisch mit diesen beiden Diabasen völlig übereinstimmendes Gestein wurde von mir auch im Krumbachtale nördlich von Nordhalben beobachtet.

Digitized by Google

(001) 13° bezw. 20° bezw. 24° Auslöschungsschiefe, sind also jedenfalls kein Albit.

Die Augite stehen ihrer blassrötlichen Farbe, ihrem oft sehr ausgesprochenen Pleochroismus nach den Titanaugiten mancher Basalte nahe. Sie sind stark mechanisch beeinflußt, zerrissen, mit Verwerfungen und staffelförmigen Verschiebungen ihrer Zwillingslamellen. Sie sind sehr oft nach dem häufigsten Gesetz verzwillingt; besonders fällt dies an den kleinen Körnern der Augitmosaiks auf, so daß ich den Eindruck gewonnen habe, daß hier in den meisten Fällen die Verzwillingung als eine Druckerscheinung aufzufassen ist. Es wurde in vereinzelten Fällen beobachtet, daß die schmalere Lamelle, welche zwei breiteren Individuen in bekannter Zwillingsstellung eingeschaltet ist, von Uralitnädelchen ($\perp$ auf $\infty P\infty$ gestellt) erfüllt ist, während die beiden angrenzenden Lamellen völlig intakt sind. Zu erwähnen ist das von den Basalten her bekannte Vorkommen von Augitaugen (Possek, Lottenreuth) und ferner die Beobachtung einer Implikationsstruktur zwischen Plagioklas und Augit (Possek, Ullitz). Als Einschlüsse führt der Augit Titaneisen, Biotit, zersetztes Glas (Possek). In letzterem Falle machen die porphyrisch ausgebildeten Augite einen wurmförmig zerfressenen Eindruck.

Die von den Feldspäten und Augiten erwähnten Erscheinungen der Kataklase fehlen durchgängig den betreffenden Gemengteilen der Gesteine von 624 Mühldorf und Fattigsmühle.

Das Titaneisen ist mehr weniger in kleinkörnige Titanitwärzchen umgebildet. Apatit tritt zurück, wenn er auch selten fehlt. Eine Zwischenmasse von kleinen Feldspatleistchen und chloritischer Substanz wurde vereinzelt beobachtet (Lottenreuth, 587 bei Naila-Marlesreuth). Von den Zersetzungsprodukten schließlich spielen chloritische Substanz (teils dem Delessit, dem Metachlorit und dem Prochlorit-Helminth angehörend), Nädelchen einer uralitischen Hornblende, Quarz, Epidot (seltener), Calcit, Muscovit- und Kaolinschüppchen u. a. die Hauptrolle. Die Uralitnädelchen verdanken wohl im allgemeinen dem Augit ihre Entstehung. Inwieweit sie aus der chloritischen Substanz gebildet werden, wie es Pelikan[1] für das

[1] Vergl. 7. p. 11/12.

Digitized by Google

Gestein vom Weiler Haidt annimmt, läßt sich hier nirgends sicher feststellen, wo beide Gemengteile gleichzeitig vorkommen.

Eine besondere Besprechung erfordert der Diabas von 590 bei Unter-Hartmannsreuth. Es ist von den eben besprochenen das einzige Vorkommnis, das in Kugeln abgesondert ist. Die Kugeln halten durchschnittlich ½ m im Durchmesser und lassen schon makroskopisch eine Randzone, mit dunklen Einsprenglingen von den gleichmäßig feinkörnigen Kernpartien unterscheiden. Die Zwischenmasse zwischen den einzelnen Sphäroiden ist schmutziggelb, von scharfem Bruch, braust vereinzelt mit H Cl und ist reich an allerhand Erzen von allerdings winziger Größe, gediegen Kupfer, Buntkupfererz, Kupferglanz, als deren Zersetzungsprodukt auch Malachit auftritt. Daß diese Erze genetisch mit dem Diabase in Zusammenhang stehen, ist ohne Zweifel, zumal die Vorliebe der Kupfererze für diabasische Gesteine (Diabasporphyrite und Melaphyre) ja hinreichend bekannt sein dürfte. Ob nun freilich die Erze aus den hangenderen, jetzt längst denudierten Diabaspartien stammen, was mir das wahrscheinliche ist, oder von Solutionen, welche im Gefolge der Eruptionen sich einstellten, direkt an Ort und Stelle abgesetzt wurden, ist wohl kaum zu entscheiden. Wie die mikroskopische Untersuchung zeigt, besteht diese Zwischenmasse, welche hier ohne die anderwärts beobachteten Tufflagen auftritt, aus zackig ineinandergreifenden Quarzkörnern, mit wenigem Calcit, Leukoxen, Eisenkies, Prochlorit (Helminth). Die randliche Modifikation der Diabaskugeln trägt durchaus den petrographischen Charakter der diabasischen Porphyrite an sich. Als porphyrische Ausscheidungen treten auf relativ frische Augite, zersetzte Feldspäte, in welche die Grundmasse lappig eindringt, beide magmatisch korrodiert und schlecht begrenzt, und wohlbegrenzte Pseudomorphosen — die meisten Schnitte weisen auf Hornblende als das primäre Mineral hin —, welche jetzt erfüllt sind mit Quarz, chloritischer Substanz und sehr viel Epidot (dieser in sogen. Sonnen angeordnet). Die Grundmasse besteht aus fluidal struierten Feldspatleistchen, Augitkörnchen und einer schmutzig braunen Zersetzungsmasse (vielleicht ehemaligen Glases). Die mittleren Partien der Kugeln zeigen Verhältnisse, die mit dem oben allgemein Gesagten übereinstimmen.

Digitized by Google

Es sind nunmehr einige Vorkommnisse zu besprechen, deren direkter Zusammenhang mit den normalen Diabasen erst durch die neuesten Aufschlüsse nachgewiesen werden konnte, und welche infolgedessen noch von GÜMBEL als eine besondere Abart des Diabases bezeichnet wurden. Daran schließen sich die jeweils übereinstimmend heute zur Beobachtung gelangenden Gesteine, deren Diabasnatur am Anstehenden direkt nachzuweisen auch heute noch nicht — infolge der schlechten Aufschlüsse — möglich ist. Doch berechtigen die an besser aufgeschlossenen sogen. Leukophyren beobachteten tatsächlichen Verhältnisse ohne weiteres dazu, auch in diesen Gesteinen nichts weiter als heute sehr zersetzte, ursprünglich normale körnige Titaneisendiabase zu erblicken.

Der sogen. Leukophyr von Unter-Kotzau bei Hof[1].

Dieses Vorkommnis ist sehr instruktiv für die Beurteilung des Leukophyrs. Das Gestein durchsetzt am rechten Saaleufer bei Unter-Kotzau zu beiden Seiten des Eisenbahnviaduktes in einer Breite von etwa 80 m den Tuff. An seinen Salbändern und in seinen oberen Partien beobachtet man grobkugelige Absonderung, Mandelstruktur und weißlich-hellgrüne Farbe. Zwischen den einzelnen Kugeln (d = ca. 1½ m) ziehen sich dünne Lagen von Tuff hin. Auf diese letztere, bei intrusiven Diabasen jedenfalls recht auffallende Erscheinung, welche übrigens in dortiger Gegend durchaus nicht so selten zu sein scheint, wird bei Besprechung der diabasischen Tuffe näher eingegangen werden.

In den mittleren Partien des im übrigen sich polyedrisch absondernden Ganges erweist sich das Gestein schon makroskopisch als normaler Diabas, indem die ophitische Struktur und die Augite deutlich zu erkennen sind. Es scheinen GÜMBEL demnach nur Handstücke der Salbandfazies und der ebenfalls den zersetzenden Einflüssen der Atmosphärilien leichter zugänglichen, dem Salband benachbarten Partien vorgelegen zu haben, als er diesen Diabas zu den sogen. Leukophyren stellte. Die mikroskopische Untersuchung bestätigt dies. In den

[1] Vergl. 2. p. 482.

Digitized by Google

mittleren Partien stimmt nämlich in der Tat das Gestein völlig überein mit der oben gegebenen allgemeinen Beschreibung der typischen körnigen Diabase des Fichtelgebirges. Es mag deswegen hier nur betont werden, daß bei den Feldspäten // 0P (001) eine Auslöschungsschiefe von 8 bezw. 12° gemessen, also ihre Zugehörigkeit zum Labradorit festgestellt wurde und daß die Pyroxene völlig den Charakter der Titanaugite haben und dem feldspätigen Gemengteil keineswegs quantitativ nachstehen (Stadium I[1]). Ebenso kommt die Erscheinung der Kataklase deutlich zum Ausdruck. Eine Zwischenmasse, aus kleinen Feldspatleistchen und chloritischer Substanz bestehend, ist vorhanden. Von diesen mittleren Partien nach den Salbändern zu läßt sich nun deutlich beobachten, wie allmählich die Augite als solche zurücktreten und an ihre Stelle die bekannten Umwandlungsprodukte treten. Es resultieren dann die Partien, die sich schon makroskopisch durch ihre eben infolge des Vorwiegens sekundärer Produkte heller grünen Farbe kenntlich machen. Die ophitische Struktur bleibt indessen erhalten (Stadium II). An den Salbändern selbst, welche also kugelig abgesondert sind, und den ebenfalls grobsphäroidisch sich absondernden hangenden Partien des Diabases gleichen, ist die sog. trachytische Struktur — mehr weniger vollkommen — ausgebildet (Stadium III). Hier ist es vielleicht eine primäre Anreicherung von Titaneisenerz, welche bei der Zersetzung zu Leukoxen zusammen mit den anderen sekundären Produkten diesen Randpartien zu einer helleren Farbe verhilft. Da es aber Gewohnheit ist, ein Gestein nicht nach irgendwelchen im Verbande auftretenden Modifikationen und auch nicht nach seinem auf sekundäre Vorgänge begründetem Verhalten, sondern allein nach seiner normalen primären Ausbildungsweise zu bezeichen, so muß dieser sogen. Leukophyr von Unter-Kotzau als ein normaler körniger olivinfreier Titaneisendiabas bezeichnet werden.

Damit stimmt auch die chemische Zusammensetzung dieses Gesteins überein. Bei Gümbel, 2. p. 194, findet sich folgende, von Dr. Loretz angefertigte Analyse:

[1] Man vergl. die beigegebene Taf. I Fig. 3—5.

Digitized by Google

SiO_2	41,48
TiO_2	4,81
Al_2O_3	12,43
Fe_2O_3	4,15
FeO	8,16
MnO	0,17
MgO	3,99
CaO	8,48
Na_2O	2,76
K_2O	1,44
CO_2	5,40
P_2O_5	0,34
H_2O und Glühverlust	3,22
Sa.	99,83[1]

Sie weicht in nichts ab von der chemischen Analyse eines Diabases, wie es auch schon Gümbel zugeben mußte.

Hieran schließen sich nun einige Vorkommnisse, bei denen sich die bei vorigem Gestein besonders deutlich zum Ausdruck gelangende innige Zugehörigkeit des sogen. Leukophyrs zum Diabas nicht direkt feststellen läßt, von denen vielmehr der Untersuchung nur eines der Übergangsstadien zugänglich ist. Hierher gehört z. B. das Gestein, welches hinter den letzten Häusern von Hof nördlich von dem Teufelsberg, dessen Deckendiabas im vorhergehenden auch Gegenstand einer kurzen Beschreibung gewesen ist, durch einzelne Anbrüche aufgeschlossen ist. Man beobachtet an dem hellgrünen, flachmuschelig brechenden Gesteine kugelige Absonderung, wobei die einzelnen Kugeln im Durchmesser ca. ½—1 m halten. Zuweilen zeigen sie zonare Anordnung von Calcitmandelreihen, so zwar, daß von innen nach außen die Entfernung zwischen den einzelnen Mandelreihen geringer wird, eine Erscheinung, welche bereits von Dalmer an kugelförmig abgesonderten Diabasmandelsteinen der Gegend von Planitz und von Dathe an ostthüringischen Diabasmandelsteinen beobachtet worden ist[2]. Die mikroskopische Ausbildung stimmt mit der bei dem Diabas von Unter-Kotzau, als Stadium II bezeichneten überein. Messungen an einem Plagioklas ergaben auf 0P (001) = 12°, welche Aus-

[1] Vermutlich liegt hier ein Druckfehler bei dem sehr niedrigen SiO_2-Gehalt vor, indem die hier angegebenen Zahlen nur die Summe von 96,83 ergeben.

[2] Zitiert nach Zirkel, 3. **2**. p. 650.

Digitized by Google

löschungsschiefe auf Labradorit hinweist. Über eine an den sekundären Ausfüllungsmassen der Zwickel, welche von dem auch hier sich eng an die Kugeln anlegenden Diabastuff gebildet werden, zur Beobachtung gelangende Erscheinung vergl. das über die Tuffe Gesagte.

Hierher gehört auch das Gestein, welches lagerartig am Silberberg bei Hof im Diabastuff aufsetzt und in der Tat durch seine helle Farbe auffällt. Das Hangende bildet ein schwarzer, adionolartig gebänderter Tonschiefer, der reichlich mit Schwefelkies imprägniert ist; das Liegende ist Diabastuff. Am Hangenden ist das Gestein kugelig abgesondert. Es ist mittelkörnig und steht dem Stadium II des Diabases von Unter-Kotzau nahe, wobei indes erwähnt werden mag, daß vereinzelt eine grobfluidale Anordnung der Plagioklase zu beobachten ist. Auch dieses Gestein verdankt seine helle Farbe der relativen Anreicherung des jetzt zu Leukoxen und Titanitwärzchen umgewandelten Titaneisen (es mag aber darauf hingewiesen werden, daß ein Teil dieser Titanitwärzchen auch aus der Zersetzung des augitischen Gemengteiles hervorgegangen sein dürfte) und der weitgehenden Umsetzung seiner Gemengteile.

Mit diesem Diabas steht vielleicht in genetischem Zusammenhange das vereinzelte Auftreten von Bleiglanz im liegenden Diabastuff. Er bildet mit Kalkspat kleine putzenähnliche Nestchen. Den Tuff durchsetzt übrigens in wenige Meter Abstand von dem eben beschriebenen Diabas ein weiterer Diabas gangförmig (in SW.—NO.-Richtung). Nur etwa 2 m breit, zeigt er sich deutlich verworfen. Er fällt makroskopisch schon durch seine vom Tuff abweichende Härte auf — es gelingt schwer, ein Handstück zu schlagen, welches beiderlei Gestein enthält, da der viel weichere Tuff gewöhnlich an der Kontaktgrenze abspringt — und vor allem durch seine intensiv violett gefärbte Randzone (1½ cm breit), die nach innen dem Diabas zu in das übliche grüngrau übergeht, gegen den Tuff hin durch eine scharf markierte weiße Linie (1—2 mm stark) begrenzt wird. Nach der mikroskopischen Untersuchung bildet dieser Gang, so wie er jetzt aufgeschlossen ist, ein Übergangsglied zwischen Stadium I und II, d. h. von den Augiten sind noch einige erhalten. Daß die weiße und violette Fär-

Digitized by Google

bung des Salbandes, welches übrigens reichlich von Eisenkies begleitet wird, tatsächlich auf der Zersetzung des primär angereicherten Titaneisens beruht, ist hier augenscheinlich. Die Struktur des Salbandes ist eine porphyrische. Die Grundmasse wird von Feldspatmikrolithen und Titanitwärzchen gebildet, als Einsprenglinge kommen nur Plagioklase in Betracht.

Das Stadium III (Salbandmodifikation) findet sich übrigens in prächtiger Weise ausgebildet bei dem Diabas, welcher am linken Ufer des Regnitzbaches nördlich von Unter-Kotzau ansteht. Er ist durchweg in Kugeln abgesondert (von der Größe einer Faust bis 2 m haltend) und führt als Zwischenmittel zwischen den einzelnen Kugeln dünne Lagen von Tuff[1].

Der sogen. Leukophyr von der Wartleite bei Köditz.

Es war besonders das Gestein von diesem Fundpunkte, welches Gümbel durch seine helle Farbe auffiel und ihn veranlaßte, es als „Leukophyr" besonders zu kennzeichnen. Doch sind es auch hier nur die von der Einwirkung der Atmosphärilien am meisten abhängigen und daher auch am weitesten zersetzten oberen Partien des ziemlich ausgedehnten Intrusivlagers, nach welchen Gümbel auf die Beschaffenheit des ganzen Komplexes geschlossen hat. Denn die jetzt durch intensiven Steinbruchbetrieb geschaffenen Aufschlüsse lassen erkennen, daß nach der Tiefe zu das Gestein in die normale makroskopische Beschaffenheit der übrigen Fichtelgebirgsdiabase übergeht. In die Augen fallend ist vielleicht das zeitweilige Auftreten größerer violetter Gemengteile, die sich schon durch den makroskopisch erkennbaren Zusammenhang mit frischem Titaneisenerz als sogen. Leukoxen zu erkennen geben. Überhaupt zeigt das Gestein einen durch den Gehalt an Titaneisen bedingten mehr ins violette neigenden Ton, wie er ja auch den Titaneisendiabasen des östlichen Thüringens eigen ist. Das Gestein ist im Streichen aufgeschlossen. Die Grenze gegen den liegenden Schiefer verläuft etwa über den Gipfel des Wartleiteberges in NNO.—SSW.-Richtung, gegen das Hangende

[1] Man vergleiche übrigens die Abbildung Taf. XX Fig. 2 eines oberdevonischen Deckdiabases in dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXI. Heft 2. R. Brauns, Der oberdevonische Deckdiabas.

Digitized by Google

etwa am Gehaigbach; doch scheint sich noch eine dünne Schieferzwischenlage einzuschieben, wie denn überhaupt nordöstlich sowohl als südwestlich von dieser Intrusivpartie am Wartleiteberg die Schiefer von zahlreichen unbedeutenden Lagern und Gängen durchsetzt werden. Entweder treten diese nur als braunes lehmiges Verwitterungsprodukt zutage oder sie sind in dem Verwitterungsstadium des Wartleitediabases ausgebildet, so daß wir uns mit ihnen nicht besonders zu beschäftigen brauchen. Hangendes und Liegendes des übrigens unregelmäßig polyedrisch abgesonderten Gesteines von der Wartleite sind kontaktmetamorph beeinflußt.

Über die mikroskopischen Verhältnisse dieses sogen. Leukophyrs von der Wartleite ist folgendes zu sagen:

An dem frischen Gestein aus der Tiefe des Bruches treten als primäre Gemengteile auf ein Plagioklas, Titaneisenaugit, Titaneisenerz und Apatit. Der augitische Gemengteil steht quantitativ dem feldspätigen Gemengteil keineswegs nach. Die Struktur ist grob ophitisch. Das Gestein von der Wartleite bei Köditz ist somit ein olivinfreier körniger Titaneisendiabas und zwar, wie die kontaktmetamorph beeinflußten hangenden und liegenden Schiefer (nach Gümbel devonischen Alters) beweisen, von intrusiver Natur. Die Erscheinungen der sekundären Umbildung des Feldspates, der Kataklase an den Augiten und daraufhin erfolgender Ausbildung uralitischer Hornblendenädelchen sind die genugsam bekannten. Von primären Bestandteilen sind noch die vereinzelt auftretende braune Hornblende und Biotit zu erwähnen, letzterer sowohl als Einschluß im Augit wie eng verbunden mit dem in den bekannten zerhackten Formen auftretenden Titaneisen. Der Apatit ist ein häufiger Gemengteil. Pleochroitische Höfe in der chloritischen Substanz (hellgrün—bräunlichgrün) rühren von winzigen sekundären Rutilnädelchen her. Quarz als primärer Gemengteil fehlt völlig. Ebenso wie es bei dem Diabas von Unter-Kotzau der Fall war, so haben wir auch hier völlige Übergangsstücke, von den untersten Partien, wo Augit und Feldspat sich quantitativ gleich stehen, durch solche, wo Augit nur noch in wenigen oft leicht zu übersehenden Körnchen in seiner chloritischen Zersetzungsmasse liegt, bis zu denjenigen Stücken, in denen

Digitized by Google

die sekundären Produkte überwiegen, Partien, welche gleichzeitig — infolge des Vorherrschens der hellen (sekundären) Bestandteile (wie Calcit, Quarz u. a.) — durch ihre hellere Farbe GÜMBEL's Leukophyr abgegeben haben. Bei diesen ist selbst das im übrigen äußerst frische Titaneisen in Umwandlung begriffen; eine Gruppe von gut kristallographisch begrenztem Titaneisen wurde beobachtet, welche am Rande die Leukoxenrinde zeigte und im Innern mit Rutilnädelchen erfüllt war (vergl. Taf. II Fig. 1)[1]. Die chloritische Substanz geht dabei in serpentinige über. Der alles erfüllende Calcit mit Quarz und Serpentin charakterisiert das mikroskopische Bild und verwischt die ophitische Struktur völlig, indem von den Umrissen selbst der Feldspäte nur wenig noch zu sehen ist.

Der von GÜMBEL angegebene Zoisit fehlt völlig. Das Gestein wird von zahlreichen Klüften durchsetzt, auf denen Calcit, Eisenkies, Dolomit und Quarzkörnchen abgeschieden sind.

Die chemische Analyse des Diabases von der Wartleite bei Köditz ergab:

	I. Nach Dr. LORETZ	II. Nach dem Verf.
SiO_2	47,06	43,79
TiO_2	4,50	2,37
Al_2O_3	12,25	19,50
Fe_2O_3	3,62	4,97
FeO	9,23	6,48
MnO	0,08	—
MgO	5,31	8,06
CaO	6,53	8,34
Na_2O	2,32	2,28
K_2O	0,81	0,78
CO_2	4,29	1,19
P_2O_5	0,35	0,68
H_2O + Glühverlust	3,56	1,56
Sa.	99,91	100,00

An dem Fußwege, der von der Haltestelle Köditz an dem NNO.-Abhang des Wartleiteberges hinführt, tritt neben wenig gehärtetem Tonschiefer der Diabas des Wartleiteberges zutage. Das Gestein ist hier insofern interessant, als es schwarzbraune dicht erscheinende Einschlüsse führt, welche schwach pleochroitisch sind und bei gekreuzten Nicols nur

[1] Vergl. auch MÜLLER, Die Diabase aus dem Liegenden des ostthüringischen Unterdevons. Inaug.-Diss. Leipzig 1884. p. 25.

Digitized by Google

die Eigenfarbe zu erkennen geben (½—1 mm groß). Es liegen wohl Einschlüsse von umgewandeltem Glimmer vor. Was die eventuelle Herkunft desselben betrifft, so mag nur darauf hingedeutet werden, daß ein Kilometer südlich die Partien zutage treten, welche zur Münchberger Gneisplatte gehören und ja reichlich großschuppigen Muscovit führen (Taf. II Fig. 2).

Wie sich der Struktur und dem derzeitigen Erhaltungszustand nach an den Diabas von Unter-Kotzau einige analog ausgebildete Vorkommnisse anschlossen, so stimmen auch mit den oben kurz beschriebenen zersetzten Partien des Diabases von der Wartleite einige andere Fundpunkte überein. Und zwar sind dies die intrusiven Diabase (sogen. Leukophyre) von dem Nordfuß von 564 bei der Wartleite — die Aufschlüsse liegen hart an der Bahn — und von den am Regnitzbach nordöstlich von Unter-Kotzau bis Feilitzsch sich hinziehenden Hügeln: Studentenberg [1], 536, 543, 552 (Schottenbühl) und 534. Allen diesen ist gemeinsam — abgesehen von dem intrusiven Charakter, der sich in den meisten Fällen durch die kontaktmetamorphe Beeinflussung der Schieferhüllen direkt nachweisen läßt, — makroskopisch die helle Farbe, die auch hier, wie bei den oberen Partien des Diabases von der Wartleite, auf dem Überwiegen der (sekundären) Verwitterungsprodukte (Calcit, Leukoxen, Quarz, chloritische Substanz) beruht, und die oben skizzierten mikroskopischen Verhältnisse. Wenn sich auch hier — mit einer einzigen Ausnahme — nicht der direkte Zusammenhang mit dem normalen Diabase nachweisen läßt — infolge der geringen Aufschlüsse, so dürfte es doch gestattet sein, von der an dem Diabas der Wartleite—Köditz gemachten Beobachtung auch für diese Vorkommnisse Gebrauch zu machen und in ihrem jetzigen Zustande nur ein Verwitterungsstadium ursprünglich normaler Diabase zu sehen.

Von sekundären Produkten gelangen ziemlich häufig in diesen Diabasen Rutilnadeln zur Beobachtung, besonders deutlich, wenn sie in den ebenfalls sekundären Quarzen liegen.

[1] Dieser Hügel, von Gümbel als Feilitzschholz bezeichnet (2. p. 482), ist als Fundpunkt für Anatase berühmt. Solche fanden sich auch in Pyramidenform auf den Kluftflächen reichlich ausgebildet, dagegen nicht im Gestein selbst.

Digitized by Google

(Messungen an den Rutilnadeln ergaben l = 0,1 mm; br. = 0,003—0,01 mm.)

Am wichtigsten von den oben zusammengestellten Fundpunkten ist 536, weil die tieferen Partien dieses am Gipfel des Hügels völlig zersetzten Gesteines sich als normaler olivinfreier Titaneisendiabas ergeben, bei denen der augitische Gemengteil den Feldspäten quantitativ nicht nachsteht.

Der Diabas von Sellanger.

Ähnlich wie bei Köditz enthalten die konstant SW.—NO. streichenden Schiefer (Einfallen ca. 45° SO.) auch bei Sellanger — etwa 5 km WSW. vom Wartleiteberg bei Köditz — mehr oder weniger mächtige Intrusivlager von Diabasen zwischengelagert (630,8 und 623 d. G.-K.). Das mächtigste Lager, dem Steinbruchbesitzer Winkler gehörig, ist parallel und senkrecht zum Schieferstreichen sehr gut aufgeschlossen.

Wenn man von dem von Sellanger nach Selbitz führenden Fußwege aus in den Bruch hineingeht — in SO.-Richtung, also senkrecht zum Schieferstreichen — so beobachtet man, daß die liegenden Schiefer noch eine große Anzahl kleinerer, jetzt stark zersetzter, kugelig ausgebildeter intrusiver Partien desselben Diabases zwischengelagert enthalten. Dasselbe kann man in den hangenden Schieferpartien konstatieren. So gehört das in dem etwas ostnordöstlicher gelegenen Schimmel'schen Steinbruch (bei 630,8) gebrochene Gestein, welches mikroskopisch mit dem von Sellanger übereinstimmt, anderen Schieferlagen des Hangenden an. Über das Hauptintrusivlager selber (von 623) ist folgendes zu sagen:

Seine Ausdehnung im Streichen ist nicht mit Sicherheit zu bestimmen. In NO.-Richtung dürfte es bis unter die Häuser von Sellanger reichen, in SW.-Richtung aber bis an die von Hof nach Naila—Steben führende Bahn hinan und somit einen Komplex bilden mit dem daselbst abgebauten Gestein. Es wäre dies um so interessanter, als das Gestein von Sellanger sehr zersetzt ist, während dasjenige von Selbitz sofort als normaler Diabas zu erkennen ist. Bemerkt muß außerdem werden, daß die mittleren Partien dieses in dem angenommenen Falle etwa 1 km langen Intrusivlagers zu einer lehmigen, rotgelben Masse umgewandelt sind, welche übrigens

Digitized by Google

zur Herstellung von Ziegeln verwendet wird. Der Aufschluß in diesen Partien zeigt die aufeinandergepaßten Kugeln wenigstens in ihrem Umrisse sehr deutlich. Die kleineren sind durchgehends zu dieser braunen Masse zersetzt, aus den größeren läßt sich ein fester Kern herausschälen.

Die Mächtigkeit des Intrusivlagers von Sellanger beträgt etwa 35 m. Die Absonderung ist annähernd senkrecht auf den Begrenzungsflächen. Etwa im ersten Drittel ist dem Komplex im Streichen eine dünne Schieferlage als eine zusammenhängende Platte eingeschaltet, daneben sind aber auch kleinere Schollen allseitig von dem Eruptivgestein umschlossen. Nach diesem Einschlusse zu wird das im übrigen mittelkörnige, hellgrüne und äußerst harte (muschelig brechende) Gestein dichter und dunkler, es nimmt Mandelsteincharakter an, um am direkten Kontakt mit dem eingeschlossenen Schiefer aphanitisch zu werden. Der ganze Komplex wird von zahlreichen Kalk- und Quarztrümern durchzogen. In einem solchen Quarztrum fand sich zahlreich metallisch glänzender Graphit in splitterigen Brocken eingesprengt. Die größten hielten gegen 1 cm Durchmesser.

U. d. M. bieten die Kalktrümer und Quarzausscheidungen nichts Besonderes. Neben Calcit, welcher die bekannten, von Rinne[1] künstlich hervorgerufenen Druckerscheinungen zeigt, treten häufiger Dolomitrhomboederchen auf. Doch wurden, um einen annähernden Begriff von dem quantitativen Verhalten des Graphites im Kalk zu erhalten, drei Analysen angefertigt. In allen drei Proben wurden die Carbonate durch HCl in Lösung gebracht. Aus dem Rückstande wurde nun in zwei Fällen die als Quarz vorhandene Kieselsäure durch HF entfernt, Fe_2O_3 (als Verunreinigung des Carbonates und Bestandteil des Graphites) in Lösung gebracht, und der endgültige Rückstand, der sich auch u. d. M. als Graphit ohne Beimengungen erwies, gewogen. Der Mittelwert ist in I. angegeben. In dem dritten Falle wurde, da immerhin bei der fortgesetzten Behandlung mit konzentrierten Säuren und bei dem Glühen doch Verluste an Graphit entstehen konnten, nach Entfernung des Carbonates erst der Graphit durch vorsichtige

[1] Rinne, Beitrag zur Umformung von Kalkspatkristallen und Marmor unter allseitigem Druck. Dies. Jahrb. 1903. I. 160.

Digitized by Google

Behandlung mit konzentrierter HNO_3 entfernt, im übrigen wie oben verfahren (II). Die Resultate sind in Anbetracht der durchaus nicht homogenen Zusammensetzung derartiger Trümer relativ günstig.

	I.	II.
In Lösung gingen	82,79	82,36
Als unlöslicher Rückstand verblieben	17,41	17,64
bestehend aus:		
SiO_2	7,22	8,75
Fe_2O_3	4,92	1,38
Graphit	5,69	6,99
Sa.	17,83	17,12

Für die Entstehung des Graphites scheint in diesem Falle die Annahme am meisten für sich zu haben, der Graphit sei ein Zersetzungsprodukt sublimierender Kohlenwasserstoffe, die dem Innern der Erde entstammen [1].

Aus der mikroskopischen Untersuchung des Eruptivgesteines selbst ist folgendes hervorzuheben: Die Struktur ist vorwiegend ophitisch, die Gemengteile Plagioklas, Augit, Titaneisen mehr oder weniger zersetzt. Doch ist gerade dieses Vorkommnis ausgezeichnet durch das Vorhandensein auch kristallographisch sehr gut begrenzter (P, $\infty P\infty$, 0P) Pseudomorphosen von chloritischer Substanz nach Augit, so daß es keinem Zweifel unterliegt, daß wir es hier mit einem zersetzten Diabas zu tun haben. An den beiden Salbändern, am Hangenden und Liegenden, hat das Gestein keine Veränderung erlitten. Es wird allenfalls etwas feinkörniger. Nädelchen einer uralitischen Hornblende, die sonst dem Gestein völlig fehlen — ebenso übrigens wie jegliche Druckerscheinung — treten hier unter den anderen üblichen sekundären Produkten auch auf.

Dagegen macht sich der schon makroskopisch auffallende Wechsel in Farbe und Korn des Gesteins nach dem Schiefereinschluß hin naturgemäß auch in der mikroskopischen Struktur bemerkbar. Die Gemengteile werden kleiner, eine mehr fluidale Struktur ist ausgebildet. Zahlreiche Mandeln werden von radial geordneten Quarzaggregaten, Calcit etc. erfüllt.

[1] Vergl. Dierschf, Beitrag zur Kenntnis der Gesteine und Graphitvorkommnisse Ceylons. Leipziger Inaug.-Diss. Wien 1898. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1898. 48. Heft 2. p. 287.

Digitized by Google

Es resultiert schließlich die trachytische Struktur. Am Kontakt selbst ist eine unauflösbare schmutzigbraune Grundmasse zu beobachten, wohl das erste Stadium der Entglasung, mit Plagioklasen als porphyrischen Einsprenglingen.

Der Diabas von Selbitz.

Wie schon oben betont, steht dieses Vorkommnis in geologischem und genetischem Zusammenhange mit dem Diabas von Selbitz. Da seine Gemengteile noch im allgemeinen besser erhalten sind, ist es von dunklerem Aussehen. Doch weist auch das Mikroskop Partien nach, welche mit dem Gestein von Sellanger übereinstimmend ausgebildet und umgewandelt sind. Im allgemeinen schließt sich dieser Diabas strukturell und mineralogisch den intrusiven olivinfreien Titaneisendiabasen an. Zunächst ist die Struktur übereinstimmend. Auch hier zeigt sich bald gleichzeitige Ausbildungsweise beider Gemengteile, bald ist ein Festwerden des Augites nach dem Feldspat ohne Zweifel zu erkennen. Neben den Hauptbestandteilen verläuft im Gestein in unregelmäßigen Partien eine vorwiegend aus Feldspatleistchen bestehende Zwischenmasse. Abgesehen von dem hier zuweilen fast porphyrischen Charakter in der Ausbildung der Hauptbestandteile annehmenden Gefüge muß auch hier betont werden, daß sich bald Partien beobachten lassen, welche im Präparat nur Spuren von Augiten bezw. der auf dieselben zurückzuführenden chloritischen Substanz aufweisen, bald solche, bei denen der augitische Gemengteil eine relativ größere Rolle spielt. In letzterem Falle nähert sich das Gestein den Diabasen z. B. vom Hempla bei Steben u. a. (Gümbel stellt übrigens dieses Gestein von Selbitz von vornherein zu den Diabasen.)

Der breitleistenförmige Feldspat der Hauptmasse ist sehr wenig verzwillingt, soweit sich dies beobachten läßt; zum großen Teile ist er nämlich von einer moosgrünen, körneligen Substanz erfüllt, welche deutlich pleochroitisch (grün, braungrün) bei gekreuzten Nicols scheinbar isotrop, in konzentrierter H Cl unlöslich ist (ihr Eisengehalt wird nicht ausgezogen, wie es bei den Gliedern der Chloritgruppe der Fall ist) und welche bei auffallendem Lichte einen hellblaugrünen Schimmer zeigt, dadurch einen deutlichen Kontrast bildend zu der weißen

Digitized by Google

Leukoxenrinde des Titaneisens. Diese Substanz wurde schon bei einigen anderen Diabasen beobachtet (z. B. Unter-Kotzau) und als dem Pseudophit nahestehend bezeichnet. Nach der Beschreibung, die Drasche von Pseudophitpseudomorphosen nach Feldspat gibt[1] (leider fehlen Angaben über die Angreifbarkeit durch Säuren), wonach man im polarisierten Lichte „in der meist ganz strukturlosen, oft auch verworren faserigen Masse oft noch deutlich die polyedrischen Umrisse der umgewandelten einzelnen Feldspatkristalle, selbst Spuren von Zwillingsstreifung bemerken kann", scheint es zum mindesten zweifelhaft, ob diese Substanz mit dem Pseudophit identisch ist.

Die Augite, deren quantitatives Verhalten also immerhin ein wechselndes ist, sind im Gegensatz zu dem Gestein von Sellanger frisch, entsprechend der körnigen Struktur vielfach selbständig begrenzt, fast gar nicht verzwillingt, mit dem schwachen Pleochroismus und der Farbe der Titanaugite. Sie sind erfüllt von einer schmutzig braunen Masse, die in auffallendem Lichte leukoxenweiß ist und bei jedesmaliger Drehung von 360° metallisch erglänzt (vielleicht winzige Rutilausscheidung) und welche im polarisierten Licht in geeigneten Schnitten die ja hinlänglich bekannten Sanduhrformen nachahmt (Taf. II Fig. 3). Es muß aber betont werden, daß bei gekreuzten Nicols das einzelne Augitindividuum sich optisch homogen erweist, daß also diese Erscheinung der Sanduhrformen lediglich auf dem Absatz einer im Titangehalt etwas verschieden zusammengesetzten Substanz auf ungleichwertigen Kristallflächen beruht, ohne daß das optisch-physikalische Verhalten, wie es sonst der Fall, eine Änderung erfährt.

Das reichlich vorhandene Titaneisen bietet die bekannten Erscheinungen. Apatit ist häufig. Als akzessorischer Gemengteil wird Eisenkies beobachtet. Sekundär sind neben den schon erwähnten Substanzen Calcit (selten), Quarzkörnchen, Titanitwärzchen.

Die stark durch Eisenhydroxyd geröteten Tonschiefer des Liegenden ließen eine Menge sehr schön erhaltener Tentakuliten erkennen.

---

[1] Drasche, Über eine pseudomorphe Bildung nach Feldspat. Tscherm. Min. Mitt. 1893. p. 125.

Digitized by Google

Diabas von Schmidthammer im Höllental.

Das bei Station Blechschmiedenhammer an der westlichen Bahnseite aufgeschlossene Gestein — in seinen mittleren Partien ist es als ein grobkörniger zersetzter Titaneisendiabas zu erkennen — ist deswegen interessant, weil seine Randpartien gegen den liegenden Schiefer hin makroskopisch das Aussehen von sogen. Chloropitschiefer erlangen. Es liegen dann in dem mehr oder weniger deutlich schieferigen hellgrünen Gestein dunkelgrüne langgezogene Putzen. Diese Randpartien bestehen nun aus einer unentwirrbaren Grundmasse von Uralitnädelchen, Chloritpartien, Titaneisenkörnchen etc., weichen jedenfalls bedeutend von den grobophitisch struierten mittleren Partien ab[1]. Die langgestreckten Partien, Ausfüllungen von Hohlräumen, bestehen aus Uralit, welcher die Innenwand auskleidet, chloritischer Substanz, Epidotkristallen und Quarz als letzter Ausscheidung, der übrigens Uralitnädelchen umschließt. Die Uralitnädelchen treten auch mitten in den chloritischen Partien auf. Man hat den Eindruck, daß die Hornblende aus dem Chlorit entstanden ist; das zahlreiche Vorhandensein von Epidot erleichtert diese Vorstellung sehr. Diese Auffassung liegt um so näher, als etwa 700 m südöstlich am rechten Ufer der Selbitz die Schalsteinpartien des „König David" ein Diabasgang durchsetzt, welcher im übrigen dem Gange vom Vogelherd nahesteht. Er führt ebenfalls Hohlräume, welche von dem Metachlorit und Epidot erfüllt sind. Es fehlen diesen indes die uralitische Hornblende ebenso wie sonst eine Druckerscheinung.

Es bleibt nun noch übrig, die Vorkommnisse von sogen.

[1] Es mag gestattet sein, hier darauf hinzuweisen, daß in dem Schalsteinbruch des Baron v. Feilitzsch, 549, im sogen. Föhrig südöstlich von Unter-Hartmannsreuth, bei 5 m Tiefe ein Gestein erbohrt wurde, welches schon äußerlich mit dem an der Oberfläche anstehenden, deutlich zu den Diabastuffen gehörigen Gestein (u. d. M. zeigt dieses guterhaltene Aschenstruktur) sehr wenig übereinstimmt, indem auf hellgrünem Grunde dunkle Putzen in großer Menge hervortreten. U. d. M. gleicht es völlig den oben beschriebenen Randpartien des körnigen Diabases — nur fehlen die Druckerscheinungen, wie Streckung der Hohlräume und Schieferigkeit des Gesteins, auch fehlt Epidot und Hornblende — und es kann jetzt dieses Gestein vom Föhrig als die Randzone eines unter dem Diabastuff anstehenden körnigen Diabases angesprochen werden.

Digitized by Google

Leukophyr zu besprechen, die sich am südwestlichen Rande des Fichtelgebirges befinden, und zwar von Guttenberg, von Wartenfels und vom Grundberg bei Stadtsteinach, sodann diejenigen, die nach Gümbel im Frankenwalde auftreten.

Die ersteren drei sogen. Leukophyre, von keineswegs vom üblichen Diabashabitus abweichendem Äußeren, zeigen, da nur Oberflächenexemplare zur Untersuchung gelangen konnten, die bekannte mehr minder weitgehende Verwitterung, ebenso wie die schon oft beschriebenen Druckerscheinungen. Für das Gestein vom Eingang des Steinachtales oberhalb des früheren Hochofens am Fuße des Grundberges, gibt Gümbel folgende, von Dr. Loretz ausgeführte Analyse an (a. a. O. 2. p. 194), welche zeigt, daß auch chemisch dieses Gestein mit der Zusammensetzung der Diabase völlig übereinstimmt.

SiO_2	47,12
TiO_2	3,92
Al_2O_3	15,23
Fe_2O_3	2,79
FeO	7,06
MnO	Sp.
MgO	2,85
CaO	7,83
Na_2O	2,41
K_2O	2,00
CO_2	5,65
P_2O_5	—
H_2O + Glühverlust	2,92
Sa.	99,78

Was schließlich die Vorkommnisse von sogen. Leukophyr im Frankenwalde betrifft — Gümbel gibt solche aus der Gegend von Schaderthal und Groß-Neundorf bei Gräfenthal, aus Partien an der Muschwitz bei Nordhalben, von der Lindenmühle bei Wurzbach, Krummholzhammer bei Lehesten und der Büchersmühle bei Zeulenroda an —, so wurden auch diese Fundpunkte aufgesucht und das betr. Material zur Untersuchung herangezogen. Die Ergebnisse liefern nichts wesentlich Neues, vielmehr handelt es sich auch hier um analog manchen Fichtelgebirgsdiabasen mehr oder minder weitgehend umgewandelte Diabase [1].

[1] Vergl. Abhandlungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den thüringischen Staaten. 5. Heft IV. Berlin 1884. Liebe, Über-

Digitized by Google

Mehr zum Beweise, daß in der Tat bei den einzelnen Vorkommnissen intrusive Lagerdiabase vorliegen als um einen Beitrag zu der Kenntnis der von den Fichtelgebirgsdiabasen ausgegangenen Kontaktwirkungen zu liefern, sollen die darüber gemachten Beobachtungen mitgeteilt werden. Für die Frage nach dem Wesen des sogen. Leukophyrs sind sie jedenfalls ohne Belang.

Die häufigste der vor allem von den Diabasen des Harzes bekannt gewordenen Kontaktbildungen ist, soweit die Beobachtungen und Aufschlüsse reichen, die Adinole. Sie wurde von mir beobachtet an den Schiefern der Diabase bezw. sogen. Leukophyre von der Wartleite bei Köditz, von Sellanger, von der Culmitz, vom Silberberg, von Wartenfels bei Rugendorf, von Stadt Steinach[1] und von Zeulenroda.

Eine adinolartige Beschaffenheit haben auch die Schieferschollen, welche in dem Gestein von Sellanger eingeschlossen sind. Hier liegen in dem Schiefer in der Nähe des Kontaktes kleine rundliche und geschweifte Gebilde von Leukoxen (die rundlichen Formen mit d = 0,08 mm) [Taf. II Fig. 5].

Reichliche Imprägnationen mit Eisenkies, Auftreten des letzteren in Konkretionen, welche bis Daumengröße erreichen, lassen sich mehrorts beobachten. Neben dieser Adinole finden sich desmositähnlich gebänderte Schiefer (Sellanger Hangendes, 536 bei Feilitzsch, Silberberg) oder spilositartig getupfelte Varietäten (534 bei Trogen). Besonders verdient der getüpfelte Schiefer des Hangenden vom Köditzer Diabas Interesse.

In einer aus Quarzkörnchen, Leukoxenpartikelchen und hochpolarisierenden Schüppchen von Sericit, Hornblende u. a. bestehenden Grundmasse liegen größere mehr minder kristallographisch begrenzte schmutziggraue Individuen (Taf. II Fig. 6), in rhombischen Querschnitten und prismatischen — bald mehr länglichen, bald mehr quadratischen — Längsschnitten. Zur Beurteilung ihrer Größe seien folgende Maße angegeben:

---

sicht über den Schichtenaufbau Ostthüringens. p. 93. — Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte von Preußen und den thüringischen Staaten. XI. Lieferung. Blatt Probstzella 1888. p. 49.

[1] Nach Gümbel a. a. O. 2. p. 517.

Digitized by Google

Rhombischer Querschnitt:

Längere Diagonale	. . . . .	0,6 mm
Kürzere „	. . . . .	0,3 „

Rechteckiger Längsschnitt:

Längere Kante	. . . . .	0,4 mm.
Kürzere „	. . . . .	0,3 „

Diese Individuen heben sich im gewöhnlichen Lichte dadurch hervor, daß sie nach außen hin begrenzt sind von einem schmalen Rande hellgrüner, schwach pleochroisierender Hornblendefäserchen. Im polarisierten Lichte erfolgt die Hervorhebung durch die hohen Polarisationsfarben der letzteren. Neben einer schwach kohligen Substanz erfüllen den Innenraum der Kristalle die Bestandteile der Zwischenmasse, d. h. Quarzkörnchen, Chlorit und Sericitfasern, jedoch ohne die weißlichen Leukoxenkörnchen, was beim Abblenden auffallend hervortritt. Letztere bilden vielmehr nur einen schmalen Streifen innerhalb der einzelnen Individuen, welcher im allgemeinen dem Kristallumriß parallel geht. Was aber schließlich mit Sicherheit darauf hindeutet, daß wir es mit ehemaligen Chiastolithkristallen zu tun haben, ist der Umstand, daß die kohlige Substanz innerhalb der einzelnen Individuen in der von den Chiastolithen her bekannten Weise je nach der Art des Schnittes in Kreuzform oder in Gestalt zweier Hyperbeln zu beobachten ist. Es ist somit ohne Zweifel, daß der Diabas in seinem Hangenden eine Kontaktmetamorphose vollzogen hat, welche sich in der Entstehung eines Materials ausspricht, das mit größter Wahrscheinlichkeit aus Chiastolithschiefer besteht. Durch die angeführten Tatsachen dürfte die intrusive Natur der unter IIb beschriebenen Diabase hinlänglich erwiesen sein.

Die diabasischen Tuffe.

Es wurde oben erwähnt, daß ein großer Teil der deckenförmigen Diabase mit Tuffen verbunden sei. Es liegen solche Tuffe vor von den Vorkommnissen am Labyrinth (vom Theresienstein) und von Bobengrün. Sie sind grüngrau, oft mit einem Stich ins Rötlich-violette, welcher von zahlreichem, aus der Zersetzung des Titaneisens hervorgehendem Limonit herrührt. U. d. M. erkennt man, daß sie sich aus einzelnen Gesteinsbrocken zusammensetzen. Diese, von einem dunklen Rande

Digitized by Google

von Titaneisen bezw. Leukoxen und Limonit umgeben, zeigen die fluidal struierten Feldspatleistchen mit chloritischer Substanz zwischen sich, genau wie der dazu gehörige Diabas. Das Bindemittel ist chloritische Substanz und Calcit im wesentlichen, welche begleitet werden von einer reichlichen Menge von Titanitwärzchen.

Auch können die einzelnen Bestandteile eines solchen Tuffes nur Mineralindividuen sein, wie es Schliffe zeigen von einem Tuff aus der Hölle nach Schmidthammer zu. Hier sind es hellrötliche Augite, umgeben von einer hellbraunen, im auffallenden Lichte schneeweiß erscheinenden Masse, wohl aus der Zersetzung des Titaneisens hervorgegangen, welche diesen Tuff charakterisieren.

Seine Zersetzungsprodukte, chloritische Substanz, faserige Hornblende, Epidotkörnchen, alles dies bedingt eine relativ hellere, ins Grüne neigende Farbe. Es liegt also wohl in beiden beschriebenen Fällen ein verfestigter, vulkanischer Diabassand vor, ähnlich wie ihn Bergt von der Barthmühle im Elstertale beschreibt[1].

Ein ganz anderes Bild geben Tuffe, wie sie sich hinziehen in flachschalig gewölbten Hügeln, besonders in der Richtung von Gutenfürst[2] nach Hof und von da westwärts. Es liegt hier vor Material von Unter-Kotzau. Der Tuff findet seine Fortsetzung am linken Saaleufer, wo er am Ende des Dorfes in der Anhöhe gebrochen wird, und von wo er sich herüber nach Vogelherd und Quetschen zieht.

Außerdem kam noch der Tuff zur Untersuchung, in welchen eingebettet die Diabaskugeln am Wege von Hof nach Unter-Kotzau und am Regnitzbach hinter Unter-Kotzau liegen. Schon makroskopisch unterscheidet sich dieser „Aschentuff" von dem vorhin kurz erwähnten, aus festen Gesteinsbrocken zusammengesetzten. Er ist hellgrün, mit zahlreichen dünnen Kalklagen und einer gewissen Schieferung. An einzelnen Stellen (Unter-Kotzau) heben sich schon makroskopisch aus

[1] W. Bergt, Aschenstruktur in vogtländischen Diabastuffen. Abh. d. naturw. Gesellsch. Isis in Dresden. 1903. Heft I. p. 26. Vergl. auch: R. Reinisch, Über Astrolith, ein neues Mineral.

[2] Von Gutenfürst beschreibt Bergt einen Diabastuff, welcher u. d. M. sich als reine vulkanische Diabasasche erweist.

Digitized by Google

seiner Grundmasse kleine schwarze Kügelchen heraus, die sich u. d. M. als Aggregate von chloritischer Substanz erweisen. Er zeigt schließlich dem bloßen Auge schon mannigfache Druckwirkungen, indem die einzelnen Lagen oft gekröseartig gewunden (Unter-Kotzau linkes Ufer) oder wenigstens vielfach hintereinander gefaltet sind (Vogelherd), so zwar, daß die Falten einen Druck in der Richtung NO.—SW. voraussetzen.

Was nun das mikroskopische Bild betrifft, so zeigen alle eben erwähnten Vorkommnisse mehr oder weniger schön Aschenstruktur, eine Struktur, welche hervorgebracht wird „durch die Anwesenheit jener eigentümlich gestalteten, bogig begrenzten Glasscherbchen, die die kleinsten staubförmigen Teilchen der bei vulkanischen Ausbrüchen ausgeworfenen Massen darstellen“ (Bergt a. a. O. p. 26, besonders deutlich der Tuff am Regnitzbach, vergl. Taf. I Fig. 6).

Es sind konkav gebogene Scherbchen, oft hammer- oder keulenartig gebildet, aus einer braunen Masse bestehend, welche dort, wo sie etwas lichtdurchlässiger ist, an der Doppelbrechung die eigentlichen sekundären Produkte, hier im wesentlichen Quarzkörnchen, erkennen läßt. Umrandet werden diese Scherbchen eines ehemaligen Glases von einem dunkleren Saume, der in eine Menge kleinster Körnchen zerfällt und oft in einer chloritischen Substanz eingebettet liegt. Grenzen mehrere solcher konkaven Bögen mit ihren Enden aneinander, so wird die Bildung von Interstitien ermöglicht, welche dann, von einer dem Delessit nahestehenden chloritischen Substanz erfüllt, als dunkle mehr minder gerundete Knöllchen aus den Tuffschichten hervorragen (Unter-Kotzau, rechtes Saaleufer).

Von anderen sekundären Produkten findet sich im wesentlichen Calcit und Quarz, in deren Aggregaten zuweilen winzige Säulchen von Apatit liegen. Titanitwärzchen sind natürlich auch hier über den ganzen Schliff verbreitet. Als seltene Neubildung findet sich wenig verzwillingter Feldspat in dem Tuff, welcher sich hinter dem Teufelsberg in dünnen Lagen zwischen Diabaskugeln hinzieht. Er liegt eingebettet in die faserige chloritische Substanz, umgeben und erfüllt von mannigfach gestaltetem Titanit. Seine sekundäre Natur geht aus dem Umstand hervor, daß bei allen mit Aschenstruktur be-

Digitized by Google

gabten Tuffen von primären Mineralbestandteilen keine Andeutung zu finden ist, und daß die Feldspatindividuen eine auffallend gute Erhaltung zeigen[1].

Eine Erscheinung verdient Erwähnung, die sich in dem Tuff am Vogelherd findet, südwestlich von Hof. Einmal zeigen jene oben erwähnten Falten im Schalstein u. d. M., daß die Calcitbänder nicht erst nach den tektonischen Vorgängen zum Absatz gebracht sind, sondern diese mit durchgemacht haben, indem sie alle Druckphänomen aufweisen, wie starke Deformierung, Zwillingsbildung, Verbiegung und Verwerfung der Lamellen, undulöse Auslöschung, Mörtelstruktur. Ferner weist eben dieser Tuff helle Partien auf, welche aus Quarz bestehend im polarisierten Licht typische Pflasterstruktur zeigen und regelmäßig symmetrisch angeordnete Einschlüsse aufweisen, indem die einzelnen Quarzindividuen zwar verschieden orientiert sind, die Einschlüsse aber in gleicher Weise durch alle hindurchgehen.

Die Natur dieser meist stäbchen- oder schlauchförmigen Einschlüsse konnte als die des Limonit und des Calcit (hohe Doppelbrechung) festgestellt werden. Der Umstand, daß die Richtung der beiden Einschlußlinien, welche übrigens fast ⊥ aufeinanderstehen (ca. 100°), in den Quarzen aller dieser in einem Präparat zu beobachtenden Partien annähernd dieselbe ist, deutet darauf hin, daß hier die Wirkungen eines Druckes vorliegen.

Übrigens nimmt der Aschentuff, in welchem die Diabase von Unter-Kotzau, Unter-Hartmannsreuth, Ullitz, Lottenreuth auftreten, seine Stelle zwischen Nereiten- und Cypridinenschichten ein, d. h. er gehört dem Mitteldevon an.

Im Anschluß an die Beschreibung dieser Tuffe muß auf eine Erscheinung aufmerksam gemacht werden, welche man bisher noch nicht beobachtet hat (vergl. Fig. 3, p. 38). Es wurde oben an den betreffenden Stellen mitgeteilt, daß ein kleiner Teil der intrusiven Diabase in Kugeln abgesondert ist und daß bei einzelnen Vorkommnissen sich zwischen den Kugeln dünne Lagen von Diabastuff hinziehen. Diese Beobachtung wurde gemacht an dem Aufschluß am Wege von Hof nach Unter-

[1] Vergl. Teglav, Die petrographische Beschaffenheit der im Grazer Devon vorkommenden Tuffe. Tscherm. Min. Mitt. p. 207. Wien 1876.

Digitized by Google

Kotzau (hinter dem Teufelsberg), an den hangenden und Salbandpartien des Diabases von Unter-Kotzau, an dem Diabaskomplex an der Regnitz (linkes Ufer) nordnordöstlich von Unter-Kotzau, und an einem kleinen Aufschluß am Westabhang von 564, östlich des Wartleiteberges bei Köditz. Der von Quetschen nach Köditz führende Fußweg geht dort vorbei. Um einige Zahlenverhältnisse zu geben, sei auf letzterwähntes Vorkommnis zurückgegriffen, weil sich hier die Erscheinung im kleinen Maßstabe sehr gut beobachten läßt. Die Größe der Diabaskugeln wechselt bekanntlich sehr, am Regnitzbach z. B. von der Größe einer Faust bis zu einem Durchmesser von 2 m. Ebensowenig läßt sich ein Gesetz für die strukturelle Beschaffenheit der kugelig abgesonderten Diabase erkennen; am Regnitzbach ist typische trachytische Struktur vorhanden, hinter dem Teufelsberg liegt ophitisches Gefüge vor und in dem Vorkommnis von 564 ist eine wechselnde Ausbildung vorhanden. In letzterem nun legen sich an die einzelnen Kugeln, deren Durchmesser im vorliegenden Falle nicht 30 cm überschreiten dürfte, Tufflagen, etwa 3 cm breit. Der Tuff gehört ausnahmslos der Gruppe an, welche nur Asche führt und stets ohne genetischen Zusammenhang mit Diabasen auftritt. Er ist hier viel weiter chloritisiert und serpentinisiert als der übliche Aschentuff, doch ist die Struktur zeitweilig noch sehr deutlich erhalten. Die Annahme, daß wir es hier vielleicht mit vulkanischen Bomben zu tun haben, welche in den gleichzeitig fallenden Aschenregen eingebettet wurden, wird unmöglich gemacht durch die Tatsache, daß diese kugelig abgesonderten Partien sowohl mineralogisch-strukturell als geologisch in unleugbarem Zusammenhang mit intrusiven Diabasen stehen (z. B. Unter-Kotzau). Ferner spricht dagegen, daß die Sphäroide durchaus regelmäßige Gestalt haben und nicht die an den vulkanischen Bomben zu

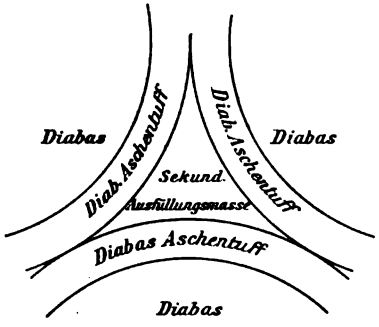


Fig. 3.

Digitized by Google

beobachtenden Gestaltsveränderungen aufweisen. Vielmehr ist anzunehmen, daß ein Tuff der ganzen Art seiner Entstehung nach von dem empordringenden Magma leichter in seinen einzelnen Lagen durchströmt wird, als etwa ein homogener Meeresschlamm. Der zwischen (den einzelnen Kugeln bezw.) den Tufflagen vorhandene Zwischenraum wird von sekundären Produkten: Quarz, Calcit, Helminth usw. gebildet. Von Interesse ist die Zwischenmasse, welche sich an dem Gestein zwischen Hof und Unter-Kotzau findet (hinter dem Teufelsberg). Sie ist grün, von splittrigem Bruche. U. d. M. beobachtet man folgendes: Es ist eine quarzige Masse, deren einzelne Quarzkörner zackig ineinandergreifen. Es kommen deutlich zwei Generationen von solchen in Betracht.

Der größere Teil erscheint homogen und hellbraun gefärbt. Erst bei gekreuzten Nicols treten alle Quarzindividuen hervor — die Farben der Doppelbrechung werden übrigens in keiner Weise von der braunen Färbung beeinträchtigt. Ihre Begrenzung ist mehr oder weniger regelmäßig kristallographisch, bald stoßen die Kanten aneinander ab, bald greifen sie zackig ineinander.

Dort, wo die Quarze von einem Kranz chloritischer Substanz, schilfiger Hornblende und jüngeren Quarzkörnchen umrahmt werden, sind die Umrisse natürlich schon ohne weiteres zu erkennen.

Diese braune Masse wird nun von zahlreichen Spältchen durchzogen, auf denen nicht gefärbter Quarz ausgeschieden ist. Diese letzteren treten auch insofern in Gegensatz zu den braungefärbten Quarzen, als sie nichts Auffallendes und Anormales an sich haben. Dagegen zeigen die Quarzkörner der Hauptmasse folgendes: Basisschnitte sind bei gekreuzten Nicols dunkel und geben im konvergenten Lichte das bekannte Kreuz. Längsschnitte, welche schief zur Vertikalachse stehen und sich im konvergenten polarisierten Licht normal verhalten (die Länge betrug durchschnittlich 0,5 mm in der Richtung der c-Achse, 0,3 mm senkrecht dazu), zeigen im parallel polarisierten Lichte bei gekreuzten Nicols in gewissen Stellungen ein Kreuz — ähnlich dem von Chalcedonsphärolithen. Der Unterschied gegen diese besteht darin, daß wir es im vorliegenden Falle mit je einem Individuum zu tun

Digitized by Google

haben und daß das Kreuz bei der Umdrehung nicht geschlossen bleibt, sondern sich unter einem spitzen Winkel öffnet. Das Kreuz ist geschlossen, wenn die c-Achse des Quarzes // oder ⊥ zur Schwingungsrichtung des Polarisators gerichtet ist. Es tritt heraus, wenn die c-Achse mit derselben einen Winkel von 45° bildet. Vielleicht haben wir es hier mit einer Druckerscheinung zu tun.

III.

Es ergibt sich somit als Resultat meiner Untersuchungen an den Fichtelgebirgsdiabasen folgendes:

1. Die Diabase des Fichtelgebirges bilden — in Übereinstimmung mit den Diabasgebieten vom Harz, von Nassau, Mähren u. a. — entweder Oberflächenergüsse oder Intrusivmassen. In beiden Gruppen fehlt der Olivin als ausschlaggebender Gemengteil.

2. Das Maximum der Eruptionen dieser Diabase fällt in die Zeit des mittleren und oberen Devons.

3. Die Intrusivdiabase haben ihre Schieferhülle in der bekannten Weise kontaktmetamorph beeinflußt (Adinol-, Desmosit-, Spilositbildung; in einem Falle ist sogar die Entstehung von Chiastolithschiefer äußerst wahrscheinlich).

4. Eine weitere Trennung der körnigen, intrusiven Diabase etwa nach ihrer makroskopischen bezw. mikroskopischen Struktur in Aphanite, Diabasmandelsteine u. a., ophitisch und gleichmäßig körnig struierte, oder nach ihrem augenblicklichen Zustande in Epidiorite, Leukophyre u. a. ist nicht durchführbar bezw. nicht gestattet. Im ersteren Falle können derartig unterschiedene Formen nur verschiedene Fazies eines größeren Komplexes sein oder — im letzteren Falle — sind die heute so mannigfach vorliegenden Gegensätze in dem Erhaltungszustand der fichtelgebirgischen Diabase auf verschiedene Wirkungen verschiedener Ursachen an einem und demselben Gesteinstypus zurückzuführen.

Im besonderen gilt für den sogen. Leukophyr Gümbel's, soweit die Vorkommnisse des Fichtelgebirges in Betracht kommen, folgendes:

5. Unter den Begriff Leukophyr im Sinne Gümbel's entfallen weder zeitlich noch petrographisch einheitliche Diabasmodifikationen. Von den Fundpunkten, die er für dieses Ge-

Digitized by Google

stein im Fichtelgebirge angibt, müssen zunächst als relativ frische Diabase bezeichnet werden:

Gesteine von Unter-Kotzau bei Hof, von der Wartleite bei Köditz und Gulitz, von Naila, Marxgrün, Schlegel, von Possek, Rothenburg, Lochau, Unter-Hartmannsreuth, Zeulenroda.

Uralitisierte Diabase sind: Die Vorkommnisse des sogen. Leukophyrs vom Lerchenhügel bei Trogen, von der Lindenmühle bei Wurzbach.

Weitgehend zersetzte Diabase sind die übrigen als sogen. Leukophyre bezeichneten Diabase.

6. Die „helle Farbe" des sogen. Leukophyrs ist kein charakteristisches Zeichen, da sie nur eine Funktion der Zersetzung[1] ist und in die normale grüne Farbe körniger Diabase an vielen Stellen übergeht.

7. Der Augit der sogen. Leukophyre ist von blaßrötlicher Farbe. „Blaßgrüne" Augite wurden in keinem Falle beobachtet.

8. Hornblende und Magnesiaglimmer treten als primäre Akzessorien vereinzelt auf.

9. In keinem Falle zeigte der Plagioklas eine Umwandlung in eine saussuritähnliche Substanz.

10. Der sogen. Leukophyr Gümbel's erweist sich demnach in seinen weniger zersetzten Partien zusammengesetzt aus einem dem Labradorit nahestehenden Feldspate, einem Augite diabasischer Beschaffenheit und einem Titaneisenerz. Er muß demnach als ein körniger Titaneisendiabas (mittel- bis oberdevonischen Alters) angesehen werden.

11. Die Diabastuffe sind, soweit sie selbständig vorkommen, durchweg oder vorwiegend Aschentuffe, mit wohl erhaltener Aschenstruktur; soweit sie im Zusammenhang mit Effusivdiabasen auftreten, durchweg aus Gesteins- oder Mineralbrocken bestehende Tuffe.

---

[1] Für einzelne Vorkommnisse scheinen auch endokontaktmetamorphe Erscheinungen eine Rolle zu spielen (Anreicherung von Titaneisen, so z. B. Vogelherd).

Digitized by Google

Tafel-Erklärungen.

Tafel I.

Fig. 1. Deckendiabas vom Labyrinth bei Hof. 50fach vergr.
„ 2. Deckendiabas westlich von Selbitz. 45fach vergr.
„ 3. Intrusivdiabas (sogen. Leukophyr) von Unter-Kotzau bei Hof (Stadium I). 60fach vergr.
„ 4. Derselbe (Stadium II). 75fach vergr.
„ 5. Derselbe (Stadium III, Salbandmodifikation). 50fach vergr.
„ 6. Aschenstruktur im Diabastuff an der Regnitz nordöstlich von Unter-Kotzau bei Hof. 60fach vergr.

Tafel II.

Fig. 1. Ilmenitkristalle im Intrusivdiabas (sogen. Leukophyr) der Wartleite zu Köditz. 55fach vergr.
„ 2. Einschluß ehemaligen Glimmers in demselben Gestein. 50fach vergr.
„ 3. Sanduhrformen am Augit. Diabas von Selbitz, Nicols nicht gekreuzt.
„ 4. Randfazies von Intrusivdiabasen. Feilitzsch (auch Schmidthammer). 100fach vergr.
„ 5. Gebilde ehemaligen Titaneisens in Kontaktschiefer (Adinole) im Diabas von Sellanger. 75fach vergr.
„ 6. Chiastolithschiefer am Diabas (sogen. Leukophyr) der Wartleite bei Köditz. 60fach vergr.

Digitized by Google

Experimentaluntersuchungen über die Ausscheidungsfolge von Silikaten bei 2 und 3 Komponenten.

Von

Dr. **Rudolf Freis** in Graz.

Mit Taf. III und 13 Textfiguren.

In den letzten Jahren erschien in rascher Aufeinanderfolge eine größere Zahl von Arbeiten[1], welche uns mit Benützung der Ergebnisse der physikalischen Chemie eine genauere Kenntnis von der Natur der Silikatschmelzen vermitteln sollen. Die Wichtigkeit dieser Frage nicht bloß für die Industrie[2], sondern vor allem für das tiefere Verständnis so vieler Naturvorgänge bedarf ja keiner besonderen Würdigung. Wohl etwas verfrüht aber ist man daran gegangen, auch auf diesem Gebiete Theorien aufzubauen oder die Resultate der physikalischen Chemie ohne weiteres auf die doch z. T. anders beschaffenen Silikatschmelzlösungen zu übertragen. Die Aufstellung von Theorien aber, auch wenn sie — was sicherlich der Fall ist — sehr anregend und fördernd auf das Studium wirken, ohne eine hinreichende Zahl experimenteller Daten kann naturgemäß zu keinem befriedigenden Ergebnis führen.

Die vorliegende Arbeit, die auf Anregung C. Doelter's unternommen wurde, soll nun vornehmlich dazu beitragen, das für die Aufstellung brauchbarer Theorien unumgänglich

[1] Eine Zusammenstellung der Literatur findet sich bei H. H. Reiter, Experimentelle Studien an Silikatschmelzen. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XXII. p. 260.

[2] Vergl. J. H. L. Voot, Die Silikatschmelzlösungen. II. p. 230.

Digitized by Google

notwendige Tatsachenmaterial um einen bescheidenen Anteil zu vermehren. Zu diesem Zwecke wurde den z. T. recht mühsamen Temperaturbestimmungen eine ganz besondere Sorgfalt zugewendet; ihre Ergebnisse sind in den beigefügten Tabellen niedergelegt, die ich möglichst übersichtlich aufzustellen bemüht war.

Bezüglich des zur Verwendung kommenden Materiales bleibt einem die Wahl zwischen natürlichen Materialien oder chemischen Gemengen überlassen. Die ersteren haben den Nachteil, daß größere Quantitäten, wie sie ja zu solchen Versuchen nötig sind, nicht leicht rein beschafft werden können. Bei letzteren dagegen macht sich ein anderer mißlicher Umstand geltend, daß man nämlich nicht bestimmt behaupten kann, ob das Kunstprodukt in allen seinen Eigenschaften mit dem analogen Naturprodukte übereinstimmt. Gerade aus meinen Versuchen geht hervor, daß diesbezüglich große Vorsicht am Platze ist. Es wird daher notwendig sein, in Hinkunft beide, sowohl natürliche als auch künstliche Mineralien zu benützen.

Die bei meinen Versuchen verwendeten Verbindungen wurden durchwegs aus ihren chemisch reinen Bestandteilen synthetisch dargestellt. Es geschah dies auch deshalb, um von vornherein über die chemische Zusammensetzung, die für Folgerungen oft sehr wichtig ist, orientiert zu sein, da ja genaue Analysen nicht immer möglich sind. Diese Mineralien besitzen folgende einfache Formeln:

Diopsid . . .	$CaMgSi_2O_6$	Nephelin . . .	$Na_8Al_8Si_9O_{34}$
Anorthit . .	$CaAl_2Si_2O_8$	Orthoklas . .	$K_2Al_2Si_6O_{16}$
Olivin . . .	Mg_2SiO_4	Magneteisen .	$\overset{II}{Fe}\overset{III}{Fe}_2O_4$

Insgesamt wurden 3 Versuchsreihen mit je 2 und 5 mit je 3 Komponenten bearbeitet, und zwar:

I. Diopsid-Anorthit.
II. Diopsid-Olivin.
III. Diopsid-Nephelin.
IV. Diopsid-Anorthit-Magneteisen.
V. Diopsid-Olivin-Magneteisen.
VI. Diopsid-Olivin-Anorthit.
VII. Diopsid-Olivin-Nephelin.
VIII. Diopsid-Olivin-Orthoklas.

Digitized by Google

Die optischen Untersuchungen der Schmelzprodukte, deren Ergebnisse im ersten Teile der Arbeit niedergelegt sind, bezweckten vor allem die Feststellung der ausgeschiedenen Komponenten, ihrer Ausbildung, Struktur und insbesondere ihrer Ausscheidungsfolge. Bei dieser Gelegenheit wurde ich auf mannigfache und bezeichnende Differentiationserscheinungen aufmerksam, die sich überaus häufig dem Beobachter in so scharfer Weise geradezu aufdrängten, daß ich mich veranlaßt fühlte, auf sie mein besonderes Augenmerk zu richten. Ich habe auch am Schlusse alle diese Absonderungserscheinungen in ein übersichtliches Schema zusammenzufassen versucht (p. 74).

Der zweite Teil meiner Arbeit beschäftigt sich mit einigen Fragen physikalisch-chemischer Natur, die für das Studium der Silikatschmelzen große Wichtigkeit besitzen und bereits seit längerer Zeit Gegenstand eingehender Untersuchungen Doelter's, Vogt's u. a. sind. Insbesondere wurde auf die Schmelzpunktserniedrigungen bei Gläsern und kristallinischen Gemengen, auf die Anwendbarkeit des Raoult'schen Gesetzes und der Formel van't Hoff's auf Silikate, auf die Gültigkeit des Nernst'schen Löslichkeitsgesetzes, auf Dissoziation, Unterkühlung und die Bedeutung des Eutektikums näher eingegangen. Das Gesamtergebnis aller Untersuchungen findet sich am Schlusse in kurzen Zügen zusammengefaßt.

Versuchsweise.

Die zur Verwendung gelangten chemisch reinen Mineralgemenge wurden in möglichst großen Quantitäten unter stetem Rühren im Fourquignon-Ofen zusammengeschmolzen, eine Zeitlang im Schmelzflusse erhalten und dann durch sehr rasche Abkühlung glasig erstarren gelassen. Die glasige Masse wurde hierauf im elektrischen Vertikalofen neuerdings erhitzt, wobei die Temperaturmessungen erfolgten. Dieselben geschahen mittels eines Rhodium-Platin-Thermoelementes, dessen Richtigkeit auch von Zeit zu Zeit durch die Schmelzpunktsbestimmung gediegenen Kupfers oder Goldes geprüft wurde. Stets wurde Sorge getragen, daß die Lötstelle des Thermoelementes in enger Berührung mit der Schmelze stand,

Digitized by Google

weil nur in diesem Falle die Messungen Anspruch auf Genauigkeit erheben können[1].

Naheliegend war es, die thermische Methode[2], die auf der Beobachtung der Wärmetönung beruht, für die Bestimmung der einzelnen Punkte, besonders für T_3 und T_4 zu benützen. Es geschah dies auch und es wurden bei den einzelnen Versuchen die Schmelz- und Erstarrungskurven bei Temperaturablesungen von $\frac{1}{2}$ zu $\frac{1}{2}$ Minuten bestimmt. Allein die thermische Methode ist nur dort anwendbar und von praktischem Werte, wo Schmelz- und Kristallisationsprozeß rascher verlaufen. Dies ist aber nur bei einem Teile der Silikate und zwar bei den einfacher zusammengesetzten der Fall. Bei anderen, den stark viskosen, ist die Schmelz- und Kristallisationsgeschwindigkeit so minimal, daß die Wärmetönung eine viel zu geringe ist, um sich zur Bestimmung der einzelnen Punkte praktisch verwerten zu lassen. Hier wird also diese Methode nicht anwendbar sein. Ein Überblick über die Schmelz- und Erstarrungskurven bestätigt dies; bei den Versuchen mit einfachen Silikaten stimmen T_3 und T_1 ziemlich gut überein, bei den anderen aber nicht mehr.

Aus dem angeführten Grunde ist die Methode, welche auf der Prüfung der Starrheit der Schmelze beruht, doch noch genauer als die thermische. Selbstverständlich wird man dabei auch gleichzeitig die thermische Methode als Kontrolle benützen.

Es wurden daher neben der Abkühlungskurve direkt folgende charakteristische Punkte notiert:

T_1: die Masse beginnt etwas weich zu werden oder nimmt ganz leichte Eindrücke an.

T_2: die Schmelze wird gerade flüssig respektive ganz weich.

T_3: Beginn des Erstarrens.

T_4: Die Schmelze wird eben ganz fest.

---

[1] Näheres hierüber siehe C. Doelter, Die Silikatschmelzen. I. p. 28 u. f.

[2] C. Doelter, Die Silikatschmelzen. I. p. 30 (Methode Ia); — Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen. K. Akad. d. Wiss. Wien. **65**. Mai 1906. — J. H L. Vogt. l. c. II. p. 11 u. f. — N. Kultascheff, Zeitschr. f. anorg. Chem. **35**. p. 187.

Digitized by Google

Die Abkühlung erfolgte, indem nach teilweiser Ausschaltung des elektrischen Stromes die Schmelze im Ofen sich selbst überlassen blieb.

Die Punkte T_1 und T_4 vermag man zumal bei einiger Übung mit großer Genauigkeit festzustellen, während die Bestimmung der Punkte T_2 und T_3 mehr oder weniger von subjektiven Ermessen abhängig und daher keine genaue ist. Insbesondere läßt sich T_3, der Punkt, wo die Kristallbildung beginnt, überhaupt, auch vermittels der thermischen Methode nicht genau feststellen; es kann dies bloß durch Beobachtung im Kristallisationsmikroskope geschehen[1].

Erst wenn die optische Untersuchung ergeben hatte, daß die Schmelze wirklich in allen Teilen kristallinisch erstarrt war[2], wurde ein Teil derselben gepulvert, aus dem Pulver Tetraeder geformt und Schmelzpunkte im elektrischen Horizontalofen bestimmt[3], und zwar:

Δ_1 Beginn des Abschmelzens der scharfen Kanten.

Δ_2 Beginn des Zerfließens des ganzen Tetraeders[4].

---

[1] Aus neueren Untersuchungen C. DOELTER's geht hervor, daß bei den Alumosilikaten keine scharfen Schmelzpunkte, sondern sehr große Schmelzintervalle zu beobachten sind. Vielleicht dissoziieren diese Verbindungen schon während des Schmelzens in eine Anzahl komplexer Ionen. Jedenfalls ist es schwer, hier einen scharfen Schmelzpunkt anzunehmen. — Über die Methode vergl. auch C. DOELTER, Über den Einfluß der Viskosität bei Silikatschmelzen. Centralbl. f. Min. etc. 1906. No. 7. p. 196. — Zahlreiche von C. DOELTER und mir unter dem Kristallisationsmikroskope ausgeführte Kontrollversuche, die fast stets eine recht gute Übereinstimmung mit den nach obiger Methode ermittelten Daten ergaben, zeigen, daß diese Methode doch nicht so ungenau ist, als es auf den ersten Blick etwa scheinen könnte. Natürlich ist eine gewisse Übung unbedingt erforderlich.

[2] Im anderen Falle wurden eigene Kristallisationsversuche ausgeführt. Bei manchen Reihen (I., III.) waren aber trotzdem noch glasige Anteile in der Masse nachweisbar. Die bezüglichen Tetraederbestimmungen sind deshalb ungenau und viel zu niedrig, weil sie sich auf ein Gemenge von Kristallen und Glas beziehen. Bei den hierfür in Betracht kommenden Reihen ist in Anmerkungen auf diesen Umstand hingewiesen.

[3] DOELTER's Methode III. Vergl. TSCHERMAK's Min. Mitteil. **22.** p. 299 u. f.

[4] Die durch kleinere oder größere Viskosität verschiedener Mineralgemenge hierbei verursachten Fehler sind, wie Versuche ergaben, ganz gering.

Digitized by Google

I.

I. Versuchsreihe. Diopsid, Anorthit.

Versuch	Mengenverhältnis		Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
			Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt[1]	
	Diopsid	Anorthit	T_1	T_2	T_3	T_4	Δ_1	Δ_2
a	90	10	1225°	1265°	1230°	1195°	1265°	1295°
b	80	20	1185	1200	1180	1140	1220	1250
c	70	30	1175	1200	1170[2]	1115	1210	1245
d	60	40	1210	1240	1200	1165	1225	1255
e	50	50	1215	1240	1200	1170	1240	1265
f	40	60	1220	1240	1205	1175	1250	1275
g	20	80	1230	1255	1235	1185	1280	1325

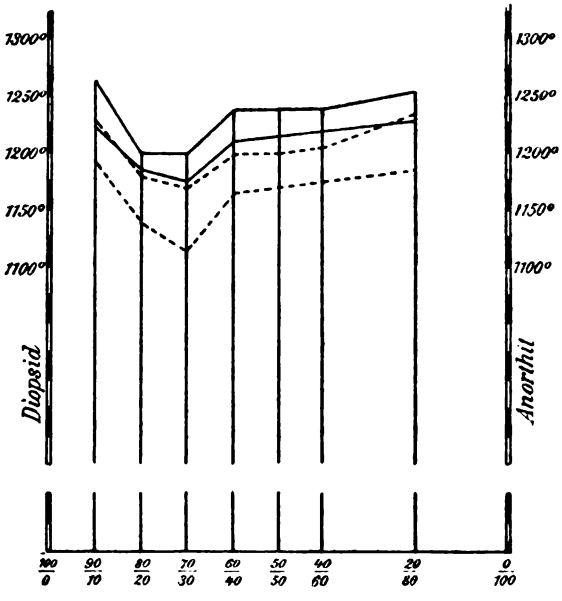


Fig. 1.

——— Erweichungspunkt des Glases (T_1, T_2).
– – – – – – Erstarrungspunkte (T_3, T_4).
..... Schmelzpunkt des krist. Gemenges (Δ_1, Δ_2).

[1] Diese Bestimmungen sind wegen teilweise glasiger Anteile in der Schmelze ungenau. Vergl. Anm. 2, p. 47.

[2] Nach einer jedenfalls genaueren Bestimmung Doelter's unter dem Kristallisationsmikroskope. Ich selbst erhielt 1150°. Die übrigen Kontrollbestimmungen Doelter's stimmten mit den meinen recht gut überein.

Digitized by Google

Die lichtgraue Schmelze ist ziemlich porös struktuiert. Diopsid tritt in feinen Nädelchen und kleinen langgestreckten Säulen auf, die häufig an den terminalen Enden etwas korrodiert sind; sehr oft sind sie um einen aus einem Diopsidkern bestehenden Konzentrationspunkt garbenförmig gelagert, wobei die einzelnen Strahlenbündel wie Zahnräder ineinandergreifen (Taf. III Fig. 1). Daneben finden sich auch große, gut ausgebildete Individuen von Diopsid, die oft größere zusammenhängende Komplexe bilden.

Der Anorthit, fast immer vom Diopside scharf differenziert, ist eingebettet in Glaslakunen, welche die Hohlräume der Schmelze ausfüllen. Er ist z. T. in zarten Nadeln in knäuelförmiger und sphärolithischer Anlagerung, z. T. auch in hübschen Säulchen ausgebildet. Manchmal treffen wir ihn auch in breiten Täfelchen zu wahren Nestern vereinigt, die sehr oft von den umgebenden Diopsiden durch scharfe Konturen abgegrenzt sind (Taf. III Fig. 2). Der Schliff a zeigt auch an einigen Stellen schöne mikropoikilitische Verwachsungen zwischen Diopsid und Anorthit.

Augenfällig und in fast allen Schliffen deutlich zutage tretend ist das Absonderungsbestreben des Anorthites gegenüber dem Diopsid. In gewissen Partien der Schliffe treten nur Diopsidkristalle dicht nebeneinander gelagert auf, während an anderen Stellen zumeist in einer glasigen Grundmasse eingebettet, vorherrschend Anorthit mit nur vereinzelten Diopsidnädelchen sichtbar wird; letztere sind dann manchmal in die Anorthitkristalle eingewachsen. Bei den Kristallisationsversuchen, deren mehrere ausgeführt wurden, tritt dieses Differentiationsbestreben noch deutlicher hervor.

Was nun die Ausscheidungsfolge betrifft, so zeigen sich im Diopsid, der nach den Ergebnissen der mikrochemischen Untersuchung keine Tonerde aufgenommen hat, häufig Einschlüsse und Anwachsungen von Anorthit. An denselben Schliffen lassen sich aber manchmal auch Diopsideinschlüsse im Anorthit feststellen. Manche Strukturen (Versuch a) endlich weisen auf eine mehr gleichzeitige Ausscheidung hin. Der Diopsid hat sich also vor und z. T. auch nach dem Anorthit abgeschieden; dies war in allen Mischungsverhältnissen der Fall, obzwar nicht geleugnet werden kann, daß

Digitized by Google

die Zusammensetzung der Schmelze einen, wenn auch nur geringen Einfluß auf den Beginn der Diopsidausscheidung zu haben scheint. An allen Schliffen ließ sich aber feststellen, daß die erste Abscheidung des Diopsides vor der des Anorthites begonnen hatte. Ein Wechsel der Ausscheidungsfolge fand also niemals statt.

Über die eutektische Mischung (Versuch c) und den Versuch d, welche von C. Doelter im Kristallisationsmikroskope genauer untersucht wurden, vergl. C. Doelter, Die Silikatschmelzen IV. p. 29, 30.

II. Versuchsreihe. Diopsid, Olivin.

Versuch	Mengenverhältnis		Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
			Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt	
	Diopsid	Olivin	T_1	T_2	T_3	T_4	Δ_1	Δ_2
a	90	10	1210°	1240°	1205°	1175°	1305°	1335°
b	80	20	1205	1235	?	1175	1305	1330
c	70	30	1190	1230	1200	1170	1295	1310
d	60	40	1185	1220	1180	1145	1300	1320
e	50	50	1200	1240	1200	1130	1305	1325
f	40	60	1205	1250	1210	1155	1310	1330
g	20	80	1215	1255	1215	1170	1310	1330

Die Schliffe zeigen eine durchwegs schön kristallisierte Masse, die häufig in feinkörnige und grobkörnige Partien differenziert ist. Der Diopsid ist meist in großen, prachtvollen Kristallen abgeschieden, die manchmal in Knäuel angeordnet sind. Daneben erscheint er auch oft in langen Nadeln und feinen Skeletten, z. T. auch in Körnern und Plättchen. Zahlreichen Einschlüssen von Olivin begegnen wir an allen Stellen.

Olivin, das erste Abscheidungsprodukt, tritt fast stets bloß in winzigen Körnchen auf, die meist in die großen Diopsidkristalle eingebettet sind. Nur seltener, besonders in der Nähe der Tiegelwand und in einem Falle (Schliff c) auch in einer Höhlung der Schmelze, sind nebeneinander große, charakteristische Diopsid- und Olivinkristalle abgeschieden,

Digitized by Google

letztere an den terminalen Enden korrodiert (Taf. III Fig. 3).

Vereinzelt finden sich auch größere Olivinkörner, die, wie im körnigen Olivinfels, aus kleineren Körnchen zusammengesetzt sind.

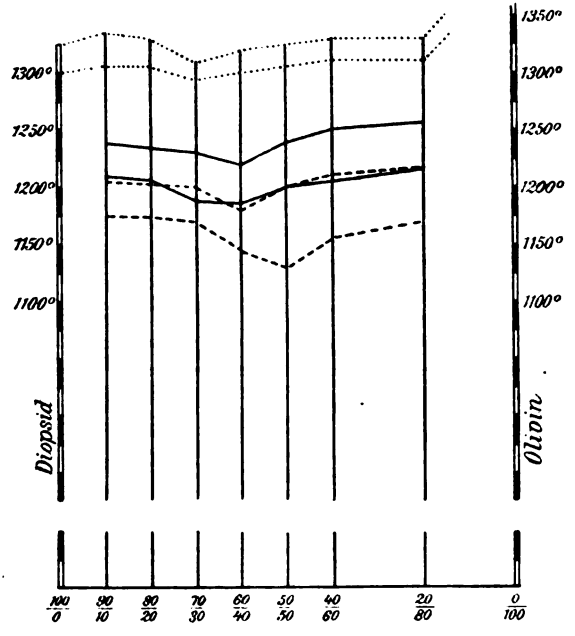


Fig. 2.

In den Schliffen d, e, f wird Diopsid und Olivin in innig aneinandergelagerten Körnchen sichtbar. Der Diopsid ist hier teilweise auch in feinsten Nädelchen ausgebildet, die als dichter Mikrolithenfilz zwischen den Olivinkörnchen liegen (Fig. 3). Diese Schliffe zeigen hierdurch stellenweise Anklänge an eine Eutektstruktur, die freilich, wie ausdrücklich betont werden muß, keineswegs bloß an das empirisch ermittelte Eutektikum (Versuch d) gebunden ist; sie tritt im Gegenteile bei den Schliffen e und f unverkennbar deutlicher hervor als beim Schliffe d.

Fig. 3.

Digitized by Google

Differentiationserscheinungen zwischen Olivin und Diopsid ebenso wie kleine schlierige Absonderungen kommen ziemlich häufig vor (Taf. III Fig. 4).

Ausscheidungsfolge: Olivin, Diopsid.

Das eutektische Gemenge (Versuch d) wurde unter dem Kristallisationsmikroskope untersucht, wobei sich folgende Daten ergaben:

Das Schmelzintervall beträgt 1900—1230°.

Bei der Abkühlung von 1260° an, die 35 Minuten andauerte, wurden folgende Beobachtungen gemacht:

1190° Bildung von winzigen, punktförmigen Olivinkriställchen.
1180 Beginn der Ausscheidung von Diopsid in zarten Nädelchen.
1175 Kristallisation der Hauptmasse von Diopsid.
1170—1155° fortgesetzte Diopsidabscheidungen.
1155 Alles fest.

III. Versuchsreihe. Diopsid, Nephelin.

Versuch	Mengenverhältnis		Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
			Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt [1]	
	Diopsid	Nephelin	T_1	T_2	T_3	T_4	Δ_1	Δ_2
a	90	10	925°	965°	920°	885°	1230°	1260°
b	80	20	895	925	900	860	1230	1250
c	70	30	870	910	870	840	1140	1180
d	60	40	890	925	885	855	1170	1200
e	50	50	985	1030	1010	970	1190	1210
f	30	70	1085	1125	1085	1030	1210	1230
g	20	80	1144	1180	1140	1090	1210	1230

Die Schliffe zeigen allenthalben eine sehr poröse Struktur. Glasige Partien, teils klar, teils trübe und gelblich, treten mit wachsender Nephelinmenge immer häufiger und in immer größeren zusammenhängenden Komplexen auf. Der Diopsid, welcher — wie die optische und mikrochemische Untersuchung ergab — kein Natron aufgenommen hat, ist teilweise farblos, meist aber ganz schwach gelblichbraun gefärbt; er ist in Körnern, schönen Säulen oder langen Leisten ausgebildet.

[1] Da die Masse nur sehr unvollkommen kristallisierte, sind diese Schmelzpunkte nicht genau. Vergl. Anm. 2, p. 47.

Digitized by Google

An der Grenze gegen die glasigen Stellen der Schliffe erscheint er oft in zarten Skeletten oder in feinsten Nädelchen; letztere sind dann parallel zur Längsachse dicht nebeneinandergelagert oder oft mitten im Glase zu selten schönen Sphärolithen angeordnet.

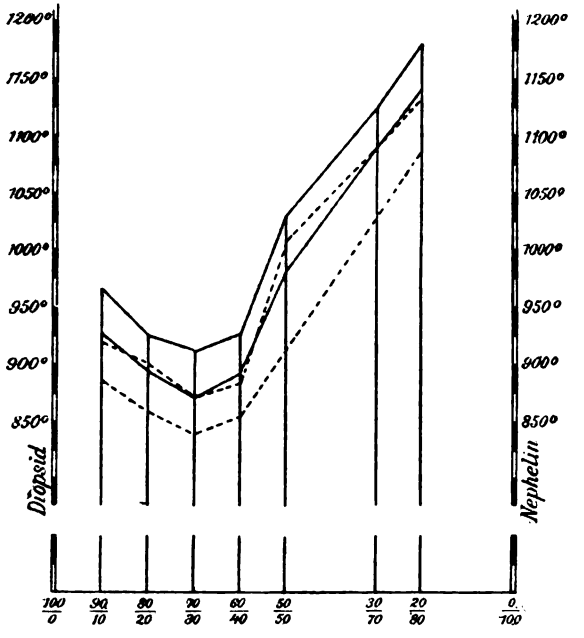


Fig. 4.

Nephelinkristalle beginnen überhaupt stets erst bei Abnahme der Diopsidmenge aufzutreten. Sie finden sich meist vom Diopsid scharf differenziert als feine Skelette oder kleine, schwach polarisierende Plättchen in mächtigen Glaslakunen eingebettet. Korrosionserscheinungen sind ungemein häufig zu beobachten. Auch sehr zarte und lange Nephelinnädelchen werden sichtbar, manchmal in dichter Aneinanderlagerung größere Komplexe bildend, in denen ab und zu körnige Einschlüsse von Diopsid nachzuweisen sind. Manchmal treffen wir auch schmale, längliche Nephelinplättchen auf Diopsidkristallen aufgewachsen. Im Schliffe e konnten auch zonare Verwachsungen zwischen Diopsid und Nephelin festgestellt werden.

Digitized by Google

Im allgemeinen ist der Nephelin auch bei den Kristallisationsversuchen, von denen mehrere zwecks genauerer optischer Untersuchung ausgeführt und wobei die Schmelze durch 7—9 Stunden langsam abgekühlt wurde, nur in ganz kleinen, meist auch nicht allzu häufigen Individuen abgeschieden; Glas ist stets in ungleich größerer Menge vorhanden.

Ausscheidungsfolge: Diopsid, Nephelin.

IV. Versuchsreihe. Diopsid, Anorthit, Magneteisen.

Versuch	Mengenverhältnis			Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
				Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt	
	Diopsid	Anorthit	Magneteisen	T_1	T_2	T_3	T_4	Δ_1	Δ_2
a	90 (76,5)	10 (8,5)	15 %[1] (15)	1160°	1210°	1170°	1130°	1265°	1290°
b	80 (68)	20 (17)	15 % (15)	1160	1200	1180	1145	1255	1285
c	70 (59,5)	30 (25,5)	15 % (15)	1130	1160	1140	1110	1240	1260
d	60 (51)	40 (34)	15 % (15)	1160	1190	1155	1110	1250	1270

Fig. 5.

Schon bei makroskopischer Betrachtung zeigen die Schliffe alle möglichen Farbentönungen von hellgelb bis dunkelrotbraun, welche mit dem verschiedenen Eisengehalt des Augites in Zusammenhang stehen. Der Diopsid hat nämlich reichlich Eisen aufgenommen und ist zumeist in schönen, säulenförmigen Kristallen abgeschieden, in denen wir zahlreiche Magnetiteinschlüsse beobachten können. In diesen Augitkristallen, die zum großen Teil in sphärolithischer Anordnung um einen zentralen Magnetitkern gelagert

[1] Der Gesamtmenge. Die in Klammern beigefügten Zahlen drücken die auf 100 berechneten Gewichtsverhältnisse aus.

Digitized by Google

sind, treffen wir ungemein häufig dunkelbraune, eisenreichere Partien, die in Zeilen skelettartig angeordnet sind (Fig. 5).

Anorthit, der wohl nur in vereinzelten Fällen Spuren von Eisen aufgenommen haben dürfte, findet sich in kleinen Säulen oder breiten Plättchen meist als Wandbelag in den Höhlungen der Schmelze abgesetzt; seltener füllt er die Lückenräume zwischen den einzelnen Augitkristallen als helle, glasige Masse aus; in letzterer sind dann ebenfalls häufig winzige Magnetitkristalle eingelagert, die oft von einem scharf begrenzten, aus eisenreichen Glaspartien bestehenden Hofe umgeben sind.

Magnetitkristalle, meist in Augiten und Anorthiten eingeschlossen, treten uns in allen Teilen der Schliffe zahlreich entgegen; an manchen Punkten sind sie zu Nestern gehäuft und besonders um Hohlräume sehr dicht aneinandergelagert. Das häufigere Auftreten von Magnetit in den Versuchen c und d erklärt sich aus der Abnahme der Eisen aufnehmenden Diopsidmenge.

Differentiationen in Partien mit kleinen und solchen mit bedeutend größeren Kristallindividuen sind in allen Schliffen augenfällig.

Ausscheidungsfolge: Magnetit, Augit, Anorthit.

Die Untersuchung der eutektischen Mischung (Versuch c) unter dem Kristallisationsmikroskope ergab folgendes:

Schmelzintervall 1135—1170°.

Die Abkühlung erfolgte von einer Maximaltemperatur von 1235° durch 40 Minuten. Hierbei wurden folgende Beobachtungen gemacht:

1145° Beginn der Abscheidung von Magneteisen.
1135 Anfang der Augitbildung.
1130 Ausscheidung von Augit und Magnetit in größeren Mengen.
1125 Beginn der Kristallisation von Anorthit? (Ließ sich aber nicht mit Sicherheit feststellen.)
1115 Anorthitabscheidung.
1105 Alles fest.

Magnetit schied sich in winzigen, zu größeren Nestern vereinigten Körnchen ab. Augit ist schön kristallisiert. Anorthit meist in Hohlräumen und an den Rändern, z. T. in Kristallen, z. T. halbglasig, ist völlig eisenfrei.

Digitized by Google

V. Versuchsreihe. Diopsid, Olivin, Magneteisen.

Versuch	Mengenverhältnis			Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
				Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt	
	Diopsid	Olivin	Magneteisen	T_1	T_2	T_3	T_4	Δ_1	Δ_2
a	90 (76,5)	10 (8,5)	15 % (15)	1170°	1210°	1170°	1130°	1290°	1305°
b	80 (68)	20 (17)	15 % (15)	1190	1220	1190	1150	1290	1305
c	70 (59,5)	30 (25,5)	15 % (15)	1170	1210	1160	1120	1290	1310
d	60 (51)	40 (34)	15 % (15)	1150	1205	1170	1135	1295	1315

Die Schliffe, an denen sich schon bei makroskopischer Betrachtung schlierige braunrote und graue Partien unterscheiden lassen, zeigen eine durchwegs schön kristallisierte Masse.

Magnetitkristalle, das erste Ausscheidungsprodukt, treten sehr zahlreich auf. Sie sind überall in der Schmelze zerstreut, an manchen Stellen aber auch in Nestern gehäuft oder in dichten Zeilen angelagert. Neben Magnetit erscheint auch ab und zu Eisenglanz in winzig kleinen Körnchen.

Der Diopsid hat wieder reichlich Eisen aufgenommen. Die Augitkristalle sind ebenso wie bei der IV. Versuchsreihe groß und schön ausgebildet, mit häufigen Einschlüssen von Magnetit und Olivin.

Olivin, teils in Körnchen, teils aber schön kristallisiert zwischen den Augiten eingestreut oder die Hohlräume drusenförmig erfüllend, tritt meist völlig eisenfrei auf; nur in seltenen Fällen dürfte er ebenfalls Spuren von Eisen aufgenommen haben. Die Zwischenräume zwischen den einzelnen größeren Augit- und Olivinkristallen sind ähnlich wie beim Beerbachit von Eisen erfüllt.

Auch in dieser Versuchsreihe macht sich überall ein Absonderungsbestreben des Augits gegenüber dem Olivin kund. Besonders merkwürdig und erwähnenswert ist in dieser

Digitized by Google

Hinsicht die im Schliffe d schon dem unbewaffneten Auge durch den Farbenunterschied auffällige Differentiation. Gegen den Boden des Tiegels zu findet sich fast nur grauer, eisenfreier Olivin; Augit ist hier verhältnismäßig selten, wird aber gegen die Mitte zu immer häufiger, um die oberen Partien der Schmelze ganz allein (mit nur sehr vereinzelten Olivinkörnchen) zu bilden. Der oberste Saum wird schließlich von einem dichten Belage aus Magnetitkristallen, die übrigens auch sonst überall zerstreut vorkommen, gebildet (Fig. 6). Die Differentiation hat also hier geradezu entgegengesetzt dem spezifischen Gewichte stattgefunden, indem Magnetit zuoberst, Olivin in den untersten Partien abgesondert ist.

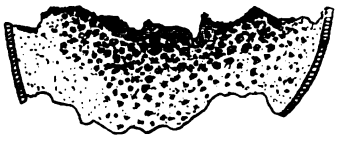


Fig. 6.

Auch der Schliff c zeigt wunderschöne Differentiationserscheinungen. Zahlreiche Stellen, an denen größere Augitkristalle mit angelagertem Magnetit konzentriert sind, sind gegen die feinkörnige, aus Augit, Olivin und Magneteisen bestehende Umgebung oft sehr scharf abgesondert (Fig. 7).

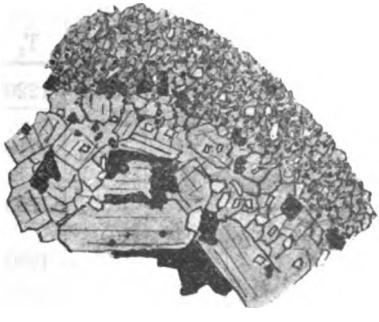


Fig. 7.

Aus der merkwürdigen Tatsache, daß bloß der Diopsid, nicht aber der Olivin Eisen aufnahm, ergibt sich die Folgerung, daß die Affinität von $CaMgSi_2O_6$ zum Eisen jedenfalls größer ist, als die von Mg_2SiO_4.

Wenn daher Olivin im Schmelzflusse wirklich dissoziiert ist, so dürfte, schloß ich, zugesetzter eisenfreier Diopsid aller Wahrscheinlichkeit nach von ihm Eisen aufnehmen.

Es wurde nun natürlicher Olivin (angeblich von Almeklovdal), der nach einer Analyse J. A. Ippen's 31,78 % FeO enthält, mit künstlichem eisenfreien Diopside von der Formel $CaMgSi_2O_6$ im Verhältnisse 40 : 60 zusammengeschmolzen,

Digitized by Google

eine Zeitlang im Schmelzflusse erhalten und dann durch mehrere Stunden langsam abgekühlt. Leider eignen sich die Schliffe nicht gut für eine detaillierte mikroskopische Untersuchung. Doch konnte immerhin mit Sicherheit festgestellt werden, daß sich braungrüner, sehr eisenreicher Augit in großen, von langen Längsrissen durchsetzten Kristallen gebildet hatte. Eine Tatsache, die jedenfalls nur durch Dissoziation ihre Erklärung finden kann.

Was nun die Ausscheidungsfolge anbelangt, so hat die Kristallisation des Magneteisens sicher vor der des Olivins begonnen, da Magnetiteinschlüsse im Olivin sehr häufig auftreten. Die Magnetitausscheidung dauerte freilich auch noch nach der Kristallisation des Olivins und wahrscheinlich noch während der Bildung des später entstandenen Augits fort.

VI. Versuchsreihe. Diopsid, Olivin, Anorthit.

Versuch	Mengenverhältnis			Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
				Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt	
	Diopsid	Olivin	Anorthit	T_1	T_2	T_3	T_4	J_1	J_2
a	90 (76,5)	10 (8,5)	15 % (15)	1220°	1250°	1200°	1145°	1280°	1300°
b	80 (68)	20 (17)	15 % (15)	1210	1230	1190	1155	1280	1300
c	70 (59,5)	30 (25.5)	15 % (15)	1205	1230	1205	1175	1285	1310
d	60 (51)	40 (34)	15 % (15)	1190	1225	1170	1145	1285	1310
e	50 (42,5)	50 (42,5)	15 % (15)	1220	1255	1220	1170	1280	1305

Die hellgraue, ziemlich poröse Masse ist in allen Teilen gut kristallisiert. Diopsid erscheint auch hier in schönen, mächtigen Kristallkomplexen oder in langen, stark korrodierten Nadeln und Säulchen, oft in sphärolithischer oder knäueliger Anlagerung, überall mit zahlreichen kleinkörnigen Olivineinschlüssen.

Digitized by Google

Olivin ist nur sehr selten in kleinen, regelmäßigen Kristallen bemerkbar; er hat sich meist in der ganzen Masse zerstreut in winzigen Körnchen abgeschieden, die auch hier wieder an vielen Stellen in dichten Häufchen oder kleinen Kränzchen differenziert sind, wodurch die Schliffe ein schlieriges Aussehen erhalten.

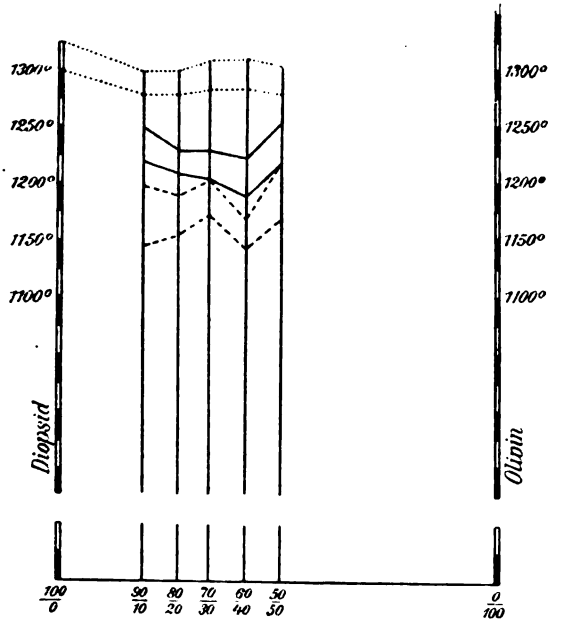


Fig. 8.

Anorthit tritt uns in kleinen Säulen oder breiteren Plättchen entgegen. Olivineinschlüsse sind nicht selten. Auch Einschlüsse von Diopsid konnten vereinzelt nachgewiesen werden. Nur ganz selten und niemals weiter ausgebreitet kommen in den Schliffen helle Glaspartien vor, die wahrscheinlich auch vom Anorthit herrühren dürften. Auch zarte Anorthitskelette lassen sich öfter nachweisen.

Auch diese Versuchsreihe bietet wieder reichlich Gelegenheit zum Studium von Differentiationserscheinungen. Der Anorthit zeigt auch hier ein deutliches Absonderungsbestreben gegenüber dem Diopsid. Dieses Absonderungsbestreben, das

Digitized by Google

schon bei den Versuchen bei verhältnismäßig rascher Abkühlung unverkennbar ist, wird bei den Kristallisationsversuchen besonders auffällig. Der Anorthit tritt an manchen Stellen, die oft den Diopsidkomplexen gegenüber scharf abgegrenzt sind, vorherrschend auf, während er in den übrigen Partien nur selten anzutreffen ist. In seiner Gesellschaft finden sich sehr zahlreich Olivinkörner, auch hier wieder zu kleinen, dichten Nestern vereinigt. Wohl ist in diesen differenzierten Teilen auch Diopsid nicht gerade selten zu finden, aber er tritt niemals in größeren Individuen oder wie sonst überall in ausgebreiteteren Komplexen auf, sondern zerstreut in einzelnen ganz kleinen Kriställchen, Körnern oder Skeletten. Übrigens sind diese differenzierten Partien sogar schon mit freiem Auge an der lichteren Farbe leicht erkennbar.

Das Studium des Schliffes b zeigt eine Anzahl sehr interessanter Einzelheiten. An einigen Partien des Schliffes herrscht eine körnelige Masse von Diopsid mit etwas Olivin vor. In derselben liegt eine größere Schliere, deren schalige Hülle, auf einer Seite scharf von der Umgebung abgegrenzt, von winzigen reihenförmig angeordneten und dicht aneinandergelagerten Diopsidkörnchen gebildet wird. In der Schliere selbst, die aus größeren Diopsidkomplexen mit vielen Olivineinschlüssen besteht, zeigt sich wieder ein scharf abgesetzter Einschluß von einem Haufwerk größerer, nach einer Achse verlängerten Diopsidkristalle gebildet (Taf. III Fig. 5); gegen das Zentrum des Einschlusses zu wird aber die Masse wieder feinkörniger und dichter. Diese Erscheinung wiederholt sich im Schliffe mehrere Male, wenn auch nicht immer mit gleicher Schärfe und Deutlichkeit.

Schon die Verschiedenheit in der Struktur des Diopsides läßt vermuten, daß er in zwei verschieden alten Ausscheidungsprodukten vorliegt. Anorthit findet sich im Diopside eingeschlossen und aufgewachsen; aber auch das Gegenteil läßt sich oftmals an denselben Schliffen nachweisen. Es ergibt sich also die Ausscheidungsfolge wie folgt: Olivin, Diopsid, Anorthit, Diopsid.

Dasselbe Ergebnis lieferte ja auch die erste Versuchsreihe.

Digitized by Google

VII. Versuchsreihe. Diopsid, Olivin, Nephelin.

Versuch	Mengenverhältnis			Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
				Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt	
	Diopsid	Olivin	Nephelin	T_1	T_2	T_3	T_4	Δ_1	Δ_2
a	90 (76,5)	10 (8,5)	15 % (15)	1150°	1200°	1150°	1000° [1]	1260°	1290°
b	80 (68)	20 (17)	15 % (15)	1150	1190	1160	1065	1265	1290
c	70 (59,5)	30 (25,5)	15 % (15)	1150	1180	1160	1095	1240	1260
d	60 (51)	40 (34)	15 % (15)	1145	1180	1170	1135	1250	1275
e	50 (42,5)	50 (42,5)	15 % (15)	1170	1220	1185	1150	1260	1285
f	20 (17)	80 (68)	15 % (15)	1190	1230	1195	1135	1270	1305

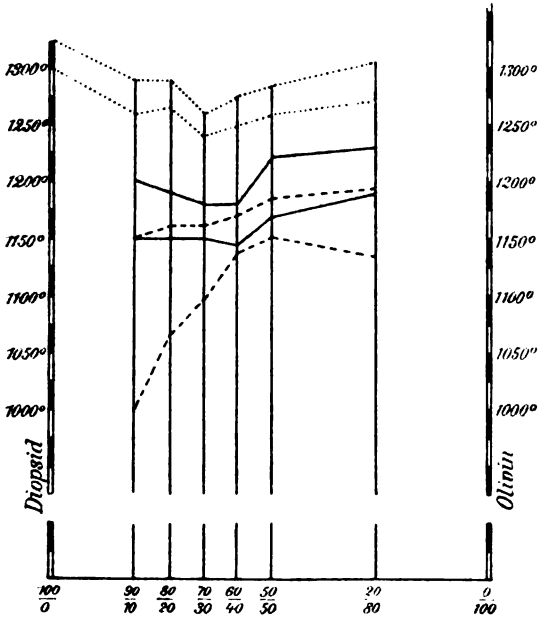


Fig. 9.

[1] Die Bestimmung wurde wegen der auffallend starken Unterkühlung mehrmals wiederholt, wobei sich aber stets das gleiche Resultat ergab.

Digitized by Google

Die mikroskopische Untersuchung der grauen, porösen Masse ergibt, daß auch hier wieder der Diopsid schön kristallisiert abgeschieden ist. Große wohlausgebildete, oftmals stark korrodierte Kristallindividuen sind besonders in den Spalten und Hohlräumen der Schmelze nicht selten. Meist aber tritt er uns in langen Nadeln oder größeren stängelig gestreiften Komplexen, die zahlreiche Olivineinschlüsse enthalten, entgegen. Auch Körner und feine Skelette fehlen nicht.

Olivin ist wohl auch manchmal in größeren Kristallen, meist jedoch nur in kleinen Körnchen, die im Diopside eingelagert sind, sichtbar. Diese Körnchen sind oft gehäuft und bilden schon bei schwacher Vergrößerung deutlich sichtbare schlierige Partien in den Schliffen.

Ganz ähnlich wie bei der III. Versuchsreihe läßt sich auch hier feststellen, daß sich Nephelin erst mit abnehmender Diopsidmenge auszuscheiden beginnt. Die grauen, schwach polarisierenden Nephelinkristalle treten auch diesmal wieder meist in Schnitten auf die Hauptachse oder Basis in mächtigen Glaslakunen eingebettet auf. Stets sind sie mit Olivin vergesellschaftet und dem Diopside gegenüber scharf differenziert. Bemerkenswert ist, daß sich hier der Nephelin trotz der verhältnismäßig schnellen Abkühlung in ungleich schöneren und größeren Kristallen abgeschieden hat, als selbst bei den 8stündigen Kristallisationsversuchen der III. Versuchsreihe. In allen wohlausgebildeten, größeren Nephelinkristallen findet sich fast ausnahmslos ein winziger Olivin eingeschlossen. Der Olivin scheint also einerseits durch Herabsetzung der Viskosität der Schmelze[1] und anderseits, indem er als Kristallisationszentrum wirkte, die Kristallisation des Nephelin günstig zu beeinflussen.

Besonders interessant ist die optische Untersuchung des Schliffes h. Diopsid ist an einzelnen Stellen nur in unscheinbaren Säulchen oder Plättchen erkennbar. Die übrige Masse wird hauptsächlich von Olivin gebildet; Partien mit größeren und solche mit kleineren Olivinkörnchen, oft scharf gegeneinander begrenzt (Fig. 10), sind auffällig. Der ganze Schliff erhält dadurch, daß die Olivinkörnchen an ungemein vielen

[1] Vergl. C. Doelter, Die Silikatschmelzen. III. p. 27 u. 44.

Digitized by Google

Stellen dichter gehäuft sind, ein schlieriges Aussehen. Nephelin erscheint an zahlreichen Punkten von der Umgebung scharf abgesetzt in dichten Skeletten oder kleinen Kristallen (Taf. III Fig. 6 u. Textfig. 10). Sonst findet sich allenthalben zwischen den Olivinkörnchen ein äußerst feiner Mikrolithenfilz, der ebenfalls vom Nephelin herrühren dürfte.

Nochmals sei darauf hingewiesen, daß in fast allen Schliffen an zahlreichen Stellen ein Absonderungsbestreben des Nephelins mit Olivin einerseits gegenüber dem Diopsid anderseits zutage tritt. Es tritt also hier eine Struktur auf, die der eutektischen gerade entgegengesetzt ist. Da Diopsid und Nephelin niemals aneinandergelagert oder eingeschlossen beobachtet werden konnten, so ließ sich die Ausscheidungsfolge dieser beiden Komponenten nicht mit Sicherheit feststellen. Wahrscheinlich aber dürfte sich auch hier der Diopsid vor dem Nephelin abgeschieden haben, so daß sich für die Ausscheidung folgende Reihenfolge ergibt: Olivin, Diopsid, Nephelin.

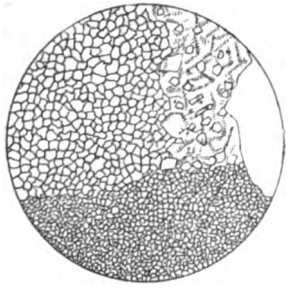


Fig. 10.

VIII. Versuchsreihe. Diopsid, Olivin, Orthoklas.

Versuch	Mengenverhältnis			Glas		Kristallisiertes Silikatgemenge			
				Schmelzpunkt		Erstarrungspunkt		Schmelzpunkt	
	Diopsid	Olivin	Orthoklas	T_1	T_2	T_3	T_4	Δ_1	Δ_2
a	80 (68)	20 (17)	15 % (15)	1255°	1290°	1265°	1225°	1305°	1330°
b	70 (59,5)	30 (25,5)	15 % (15)	1240	1285	1265	1210	1305	1325
c	60 (51)	40 (34)	15 % (15)	1230	1270	1250	1210	1305	1320
d	50 (42,5)	50 (42,5)	15 % (15)	1220	1240	1220	1170	1300	1325
e	20 (17)	80 (68)	15 % (15)	1235	1260	1240	1200	1305	1330

Digitized by Google

Die lichtgraue Schmelze zeigt unter dem Mikroskope eine stark poröse, ziemlich vollkommen kristallinische Struktur. Diopsid, wohl auch in manchen Fällen ebenso wie in den früheren Versuchsreihen in schön kristallisierten, zusammenhängenden Komplexen auftretend, ist aber meist nur in ganz kleinen, dicht aneinandergelagerten Körnchen ausgebildet.

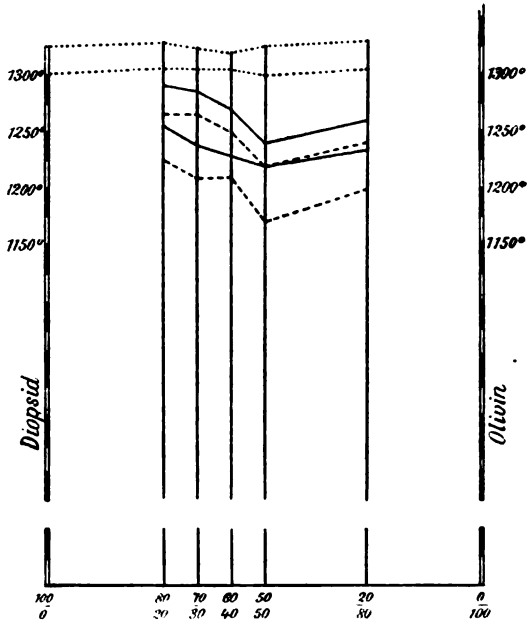


Fig. 11.

Doch kommen daneben auch schlanke Säulen von größerer oder geringerer Längenerstreckung, ferner breite Plättchen recht häufig war. Auch schöne, vollkommen ausgebildete Kriställchen, freilich nur von winziger Größe, finden sich besonders in den Hohlräumen nicht selten. In den Schliffen e, wo der Olivin im Mengenverhältnisse weitaus vorherrscht, werden auch stark differenzierte Partien sichtbar, in denen Diopsid in schönen Skeletten erscheint; an manchen Stellen tritt er hier auch als dichter, feiner Mikrolithenfilz auf, zwischen den einzelnen von Olivin gebildeten Körnchen und Häufchen liegend.

Digitized by Google

Olivin ist auch hier wie überall sonst nur in ganz kleinen Körnchen kristallisiert, die teilweise im Diopside eingeschlossen, teilweise aber auch neben den Diopsidkörnern gelagert angetroffen werden. Manchmal, freilich nur ziemlich selten, sind auch etwas größere und schöner ausgebildete Olivinkristalle erkennbar.

Orthoklas kann wenigstens kristallisiert nirgends nachgewiesen werden. Helle, glasige Anteile finden sich wohl vereinzelt in den Schliffen; auch trübe, mehr porzellanartige, halbglasige Partien treten nicht gerade selten auf. Ob sie aber vom Orthoklase herrühren, ist zwar sehr wahrscheinlich, jedoch nicht mit Sicherheit zu beweisen. Der Schliff e zeigt an einer scharf differenzierten Stelle in eine glasige Grundmasse eingelagert zahlreiche breite und ziemlich große Plättchen von sechseckigen Umrissen (Fig. 12), teilweise sehr stark korrodiert mit eingeschlossenen Olivin- und Diopsidkristallen. Leider läßt sich nicht ganz sicher bestimmen, welches Mineral hier vorliegt; nach der Polarisation und Auslöschung zu schließen, dürften wir es hier mit einem Plagioklase zu tun haben, welcher wahrscheinlich neben Ca auch K enthält. Jedenfalls steht das eine fest, daß in der Schmelze chemische Umsetzungen teilweise die Ausscheidung eines neuen Minerales bedingten.

Fig. 12.

Differentiationserscheinungen sind auch in dieser Reihe sehr häufig. Insbesondere zeigen alle Schliffe schlierige Absonderungen des körnigen Olivines und Diopsides in überaus reicher Zahl. In dem Versuch e trat auch der Diopsid recht oft in größeren, von der umgebenden Olivinmasse scharf abgesetzten Nestern auf.

Die Ausscheidung endlich fand, wie sich mit Leichtigkeit festsetzen ließ, in folgender Reihenfolge statt: Olivin, Diopsid, (Orthoklas).

Digitized by Google

Ergebnisse der optischen Untersuchungen.

Überblicken wir die Ergebnisse der optischen Untersuchungen, so sehen wir zunächst, daß auch die aus ihren chemischen Bestandteilen synthetisch dargestellten Mineralien im allgemeinen ziemlich schön kristallisierten. Daß sie freilich trotzdem nicht so gut ausgebildet sind wie bei den Schmelzen mit natürlichen Mineralien, wo ja unter anderem die Impfwirkung einen großen Einfluß auf die Kristallisation ausübt, ist natürlich. Was nun die Ausbildung und die Ausscheidungsfolgen der einzelnen Mineralien anlangt, so seien hier die wichtigsten Ergebnisse nochmals in knappen Zügen zusammengefaßt.

Magneteisen erscheint in allen Fällen als erstes Ausscheidungsprodukt; seine Kristallisation beginnt vor den Silikaten, so auch vor Olivin, eine Tatsache, die aus allen meinen diesbezüglichen Versuchen hervorgeht. Als Beispiel sei nur auf den Versuch d der V. Reihe verwiesen. Dadurch, daß hier der Olivin von dem Augit so scharf und deutlich differenziert ist, liegen die Verhältnisse besonders klar. Die mit Olivin angereicherten Partien der Schliffe werden von mittelgroßen, ungemein dicht aneinander gelagerten Olivinkörnern gebildet, zwischen denen recht häufig größere, charakteristische Magnetitkristalle eingelagert sind. Außerdem beobachtet man in den Olivinkörnern selbst in überaus reicher Zahl winzig kleine, oft nur punktförmige, aber bei stärkerer Vergrößerung doch deutlich erkennbare Magnetitkristalle, die, wie die verschiedene Einstellung mit der Mikrometerschraube lehrt, vollständig in den Olivinen eingebettet sind (Fig. 13). Ähnliche Verhältnisse lassen sich auch bei allen anderen Versuchen dieser Reihe feststellen. Es kann daher gar kein Zweifel darüber aufkommen, daß sich der Magnetit vor dem Olivin auszuscheiden begann. Zu demselben Ergebnis gelangt auch H. H. Reiter (l. c. p. 250) und die entgegengesetzte Behauptung Vogt's (l. c. I. p. 110 u. f., II. p. 95) beruht jedenfalls auf einem Irrtum in der Beobachtung. Man beobachtet nämlich

Fig. 13.

Digitized by Google

nicht selten auch Magnetitkristalle, welche auf Olivinen und Augiten aufgewachsen sind. Auch bei der IV. Reihe konnten an den Anorthitkristallen nebst zahlreichen Magnetiteinschlüssen auch vereinzelt Aufwachsungen von Magneteisen nachgewiesen werden. Diese Erscheinungen beweisen eben, daß die Ausscheidung des Magneteisens wohl stets vor der der Silikate beginnt, daneben aber freilich noch während und nach der Kristallisation der Kieselsäureverbindungen andauern kann[1].

Entsprechend seiner geringeren Kristallisationsgeschwindigkeit und seinem großen Kristallisationsvermögen erscheint der Magnetit meist nur in kleinen Individuen überall zerstreut, oft aber auch in dichten Häufchen und Nestern vereinigt.

In der V. Versuchsreihe konnte auch eine Umsetzung des Magnetits in ganz kleinkörnigen, vereinzelt auftretenden Eisenglanz festgestellt werden, eine Erscheinung, die bekanntlich in der Literatur recht häufig erwähnt und, wie ich glaube, mit Recht als Beweis für die Dissoziation des Magneteisens herangezogen wird.

Olivin trat in meinen Versuchen durchwegs unter den Silikaten als erstes Ausscheidungsprodukt auf. Die Behauptung H. J. L. Vogt's (l. c. II. p. 113), daß sich bei vorherrschendem Augit Olivin erst später abscheidet, dürfte sicherlich nicht richtig sein. In der vorliegenden Arbeit wurden ja nicht weniger als 5 verschiedene Versuchsreihen (II., V., VI., VII., VIII.), in denen Diopsid und Olivin als Komponenten verwendet wurden, bearbeitet. Und bei allen diesen (ca. 30) Versuchen zeigte sich, daß sich der Olivin in allen Mischungsverhältnissen vor dem Diopsid ausschied. Die Ausscheidungsfolge läßt sich aber gerade dort, wo Olivin nur in geringer Menge zugesetzt wurde, sehr leicht feststellen. Stets sind hier die kleinen Olivinkörnchen vollständig in den mächtigen Diopsidkristallen eingebettet. Besonders klar liegen diese Verhältnisse beim Versuche a der II. Reihe, wo, wie die mikroskopische Beobachtung lehrt, die kleinen, verhältnismäßig spärlich auftretenden Olivine vollständig in den Diopsid-

[1] Auch der bei der IV. Versuchsreihe beschriebene Abkühlungsversuch unter dem Kristallisationsmikroskope bestätigt dies.

Digitized by Google

kristallen stecken. Auch bei der V. Versuchsreihe, bei welcher sich der Diopsid als eisenreicher Augit abschied, sind die Olivinkörnchen, wo sie nicht infolge der Differentiation gesondert auftreten, zur Gänze in den Augiten eingelagert. Die nämlichen Erscheinungen zeigen sich auch bei allen anderen Versuchen der erwähnten Reihen, so daß gar kein Zweifel darüber obwalten kann, daß der Olivin vor allen anderen Silikaten und insbesondere vor Augiten zur Abscheidung gelangt.

Auch H. H. Reiter (l. c.) konnte bei Versuchen mit Augit, Olivin, Magnetit feststellen, daß sich der Olivin stets vor dem Augit ausscheidet. Ähnliche Beobachtungen wurden auch von B. Vukits[1] gemacht.

Ein unanfechtbarer Beweis läßt sich endlich durch direkte Beobachtung der Ausscheidungsfolge mittels des Kristallisationsmikroskops erbringen. Solche Untersuchungen C. Doelter's[2] an Schmelzen von Augit-Olivin, Diopsid-Olivin-Anorthit, Diopsid-Olivin-Nephelin, ebenso wie mein Versuch mit Diopsid-Olivin (siehe II. Reihe) bestätigten ausnahmslos die Tatsache, daß der Olivin als erstes unter den Silikaten zur Abscheidung gelangt.

Vermöge seiner geringeren Kristallisationsgeschwindigkeit ist der Olivin fast stets nur in kleinen Körnchen, seltener in größeren und dann meist stark korrodierten Kristallen ausgebildet. Glasig erstarrt fand er sich nirgends, ein Verhalten, das sich aus dem bedeutenden Kristallisationsvermögen des Olivins erklärt. Mit Diopsid und Magneteisen zusammengeschmolzen nahm er kein Eisen auf.

Diopsid zeigte bei meinen Versuchen, wo er nach seiner einfachsten Formel synthetisch dargestellt wurde, ein merkwürdiges Verhalten, das von allen früher gemachten Beobachtungen ganz erheblich abweicht. Nach diesen Angaben besitzt der natürliche Diopsid ein geringes Kristallisationsvermögen und eine nicht bedeutende Kristallisationsgeschwindigkeit, kleiner als bei Feldspäten und Nephelin. In meinen Versuchen aber hat er sich zumeist und insbesondere dort, wo

[1] Beobachtungen an Silikaten etc. Centralbl. f. Min. etc. 1904. p. 11 u. f.

[2] Die Silikatschmelzen. I. p. 56; II. p. 6, 9; IV. p. 30, 31.

Digitized by Google

er im Mengenverhältnisse vorherrschte, in großen, schönen Säulen, in der Regel zu mächtigen, zusammenhängenden Komplexen vereinigt, abgesetzt. Bei geringerer Menge erscheint er wohl auch in kleinen Körnchen, doch sind auch da größere Säulen und Plättchen nicht selten. Seine Abscheidung begann vor dem Anorthit, eine Tatsache, die auch die Beobachtungen C. Doelter's[1] unter dem Kristallisationsmikroskop bestätigten. Diese Erscheinungen weisen aber auf eine bedeutendere Kristallisationsgeschwindigkeit und ein großes Kristallisationsvermögen des Diopsids hin. Obzwar die mikrochemische Untersuchung nur in einem Falle (bei Zusatz von Nephelin in der III. Reihe) eine Tonerdereaktion ergab, ist es doch nicht ganz unmöglich, daß der Diopsid etwas Tonerde aufgenommen hat, wodurch sein Kristallisationsvermögen vergrößert wurde[2]; wir hätten es in diesem Falle eigentlich mit einem Augite zu tun, welcher sich ja in dieser Hinsicht abweichend vom Diopsid verhält. Wahrscheinlich üben auch die beigemengten, weniger viskosen Komponenten einen Einfluß auf die Kristallisationsverhältnisse aus.

Vielleicht stimmen aber auch die künstlichen Mineralien nicht in allen Eigenschaften mit den natürlichen überein und weisen bezüglich Löslichkeit und Kristallisationsverhältnisse Unterschiede auf. Schon kleine Verschiedenheiten in der chemischen Zusammensetzung gegenüber den natürlichen Mineralien, wie sie sich ja bei der Synthese aus chemisch reinen Bestandteilen stets ergeben werden, könnten dies verursachen. In jedem Falle ist bei Versuchen mit künstlichen Mineralien Vorsicht geboten und es sollen stets auch Kontrollversuche mit natürlichen Mineralien angestellt werden.

Anorthit schied sich meist in schönen Säulen oder breiten Plättchen oft von ganz beträchtlicher Größe ab. In vielen Fällen ist er auch z. T. glasig erstarrt. In der Schmelze von Magnetit und Diopsid blieb er ziemlich eisenfrei. Sein Mengenverhältnis, verglichen mit dem Eutektikum, scheint in einem Falle (I. Reihe) einen wenn auch nur geringen Einfluß auf die Ausscheidungsfolge auszuüben[3]. Daß in meinen Ver-

[1] Die Silikatschmelzen. IV. p. 31.

[2] C. Doelter, Die Silikatschmelzen. I. p. 31.

[3] Vergl. C. Doelter, Chem.-phys. Min. p. 139.

Digitized by Google

suchen die Abscheidung des Diopsids entgegen den früheren Beobachtungen vor dem Anorthit begann, daneben aber freilich auch noch nach erfolgter Anorthitausscheidung fortdauerte, wurde bereits erwähnt.

In einem 12stündigen Abkühlungsversuche wurde auch chemisch reiner Anorthit ($CaAl_2Si_2O_8$) synthetisch dargestellt. Die Masse war, wie die optische Untersuchung zeigt, in allen Teilen vollständig kristallisiert. Der Anorthit hat sich in schönen langen Leisten mit prachtvoller Zwillingsstruktur, die den natürlichen Verhältnissen völlig gleichkommt, ausgebildet. Die Auslöschung auf M (Mittel aus 30 Messungen) ergab einen Winkel von 37°13′. Das spezifische Gewicht beträgt 2,6783. Das Kunstprodukt gleicht also hierin ganz dem natürlichen Anorthit.

Zur Bestimmung des Schmelzpunktes wurde künstlicher Anorthit in Form feinsten Pulvers unter dem Kristallisationsmikroskop erhitzt[1] und hierbei folgende Beobachtungen verzeichnet:

1270° Keine Veränderung.
1275 Winzige Stäubchen beginnen am Rande etwas abzuschmelzen.
1285 Feiner Staub wird etwas flüssig.
1295 Teilweise Abrundung der Umrandungen.
1315 Bildung kleiner Kügelchen am Rande. Die randlichen Zacken verschwinden allmählich.
1320 Die Zahl der Tröpfchen vermehrt sich.
1325 Einzelne Tröpfchen werden stärker durchsichtig. (Beginn der Zähflüssigkeit.)
1340 Größere Teile sind flüssig.
1345 Die Masse löst sich in kleine Tröpfchen auf, die wie ein mit weißen Punkten versehener Schleier erscheinen. Alles ist glasig, aber zähflüssig.

Auch bei der Maximaltemperatur von 1375°, bis zu welcher erhitzt wurde, ist noch nicht vollständige Dünnflüssigkeit eingetreten.

Das Schmelzintervall beträgt also 1275—1345° und ist nur wenig höher als bei natürlichem Anorthit[2].

Die Abkühlung ergab folgende Daten:

---

[1] Über diese Methode siehe: C. Doelter, Die Untersuchungsmethoden bei Silikatschmelzen. K. Akad. d. Wiss. Wien. 65. Mai 1906. p. 6. Abs. 4.

[2] Vergl. C. Doelter, Die Silikatschmelzen. II. p. 15 ff.

Digitized by Google

1310° In einzelnen Tröpfchen bilden sich zarte Anorthitnädelchen.
1305 Stärkere Anorthitabscheidung.
1300 Fortgesetzte Kristallisation.
1280 Weitere Kristallbildung.
1250 Noch teilweise flüssig.
1235 Noch nicht vollständig erstarrt.
1225 Alles fest.

Nephelin hat sich erst nach dem Diopsid wohl oft in kleinen, zarten Plättchen oder feinsten Skeletten gebildet. Stets aber ist er zum überwiegenden Teile glasig erstarrt. Hierin scheint sich der hier verwendete Nephelin mit der komplizierteren chemischen Zusammensetzung $Na_8 Al_8 Si_9 O_{34}$ von dem mit der einfacheren Formel $Na_2 Al_2 Si_2 O_8$ zu unterscheiden; letzterer kristallisiert ja bekanntlich ziemlich leicht.

Merkwürdig war, daß in meinen Versuchen bei Gegenwart von Diopsid der Nephelin überhaupt immer erst mit Abnahme der Diopsidmenge zu kristallisieren begann, während er sich im anderen Falle nur glasig absetzte; die mikrochemische Untersuchung stellt hierbei eine Tonerdeaufnahme des Diopsids fest und dadurch wird diese Erscheinung leicht erklärlich. Zusatz von Olivin beeinflußte die Nephelinkristallisation günstig.

Orthoklas kam bei meinen Versuchen niemals kristallisiert zur Abscheidung. Seine Kristallisationsgeschwindigkeit und sein Kristallisationsvermögen sind gleich Null anzusetzen. In mehreren Fällen verwandelte er sich durch chemische Umsetzung in einen Plagioklas, dessen genauere Identität sich jedoch nicht bestimmen ließ. Sonst aber findet er sich nur als glasiges Erstarrungsprodukt in den Schmelzen vor. Dieselben Beobachtungen wurden bekanntlich auch an natürlichem Orthoklase gemacht[1].

Ausscheidungsfolge.

Eine Übersicht über das Gesamtergebnis der Ausscheidungsfolge, wie sie in beigefügter Tabelle gegeben ist, zeigt, daß auch durch meine Versuche die Richtigkeit der Rosen-

[1] Vergl. C. Doelter, Kristallisationsgeschwindigkeit etc. Centralbl. f. Min. etc. 1903.

Digitized by Google

Ausscheidungsfolge in den Versuchsreihen								Reihenfolge
I.	II.	III.	IV.	V.	VI.	VII.	VIII.	
			Magnetit	Magnetit				Magnetit
	Olivin			Olivin	Olivin	Olivin	Olivin	Olivin
Diopsid			Augit	Augit	Diopsid			Augit, Diopsid
Anorthit			Anorthit		Anorthit			Anorthit
Diopsid	Diopsid	Diopsid			Diopsid	Diopsid	Diopsid	Diopsid
		Nephelin				Nephelin		Nephelin
							(Orthoklas)	(Orthoklas)

Digitized by Google

BUSCH'schen Regel[1] vollauf bestätigt wird. DOELTER[2] hat darauf hingewiesen, daß diese Regel mit der Reihenfolge des Kristallisationsvermögens der betreffenden Mineralien eine auffallende Ähnlichkeit zeigt, die jedenfalls auf einen engen Zusammenhang zwischen beiden Erscheinungen schließen läßt.

Auf die Tatsache, daß sich bei meinen Versuchen ein Teil des Diopsids entgegen den bisherigen Beobachtungen auch vor dem Anorthit abgeschieden hat, wurde bereits erwiesen. Hier sei nur noch hervorgehoben, daß sich in allen diesen Fällen der Diopsid auch durch ein bedeutend größeres Kristallisationsvermögen, als es bei natürlichem Diopsid festgestellt werden konnte, auszeichnete, ein Umstand, der wieder auf die von DOELTER betonte Korrelation zwischen Ausscheidungsfolge und Kristallisationsvermögen hindeutet.

Stets aber[3] war die Ausscheidungsfolge von dem Mengenverhältnisse der einzelnen Komponenten vollständig unabhängig. Es fand weder der Satz ROSENBUSCH's, daß im allgemeinen die in geringeren Mengen vorhandenen Bestandteile früher auskristallisieren, noch die Behauptung VOGT's (l. c. II. p. 121 ff.), daß das im Überschuß vorhandene Mineral sich zuerst abscheidet, eine Bestätigung. Denn es hat sich bei meinen Versuchen niemals ein Wechsel der Ausscheidungsfolge, der ja bei obigen Annahmen eintreten müßte, bei den einzelnen Versuchsreihen geltend gemacht. Ebenso trat auch niemals bei der eutektischen Mischung eine durch gleichzeitiges Auskristallisieren beider Komponenten bedingte Eutektstruktur auf, die das Schema VOGT's postuliert. Wodurch diese Tatsache ihre Erklärung findet, davon wird später die Rede sein (siehe „Eutektikum").

Differentiationserscheinungen

machten sich bei fast allen Versuchen mit solcher Schärfe und Deutlichkeit geltend, daß ich mich veranlaßt fühlte, ihnen meine besondere Aufmerksamkeit zuzuwenden. Hervorgehoben

[1] C. DOELTER, Petrogenesis. p. 132. (Braunschweig, VIEWEG & Sohn, 1906.)

[2] Die Silikatschmelzen. III. p. 30.

[3] Nur in der ersten Reihe scheint das Mengenverhältnis des Anorthits doch einen kleinen Einfluß ausgeübt zu haben. Doch wurde auch hier die Ausscheidungsfolge keineswegs geändert.

Digitized by Google

sei, daß die einzelnen Komponenten in Form feinsten Pulvers stets zuerst innig miteinander gemischt und mehrmals sorgfältig durchgesiebt und dann erst unter stetem Rühren zusammen geschmolzen wurden. Von einer Ungleichmäßigkeit der Mischungen kann daher nicht die Rede sein. Bemerkenswert ist, daß in vielen Fällen diese Differentiationserscheinungen bei den Kristallisationsversuchen viel schöner hervortreten, als bei den Versuchen mit verhältnismäßig schnellerer Abkühlung. Jedenfalls ein Beweis dafür, daß es sich hier meist um die sogen. Kristallisationsdifferentiation[1] handelt. Nach der Art der Absonderungen[2], auf die bei der Beschreibung der einzelnen Versuchsreihen in Kürze eingegangen wurde, lassen sich folgende Fälle unterscheiden:

A. Kristallisations-(Abkühlungs-)Differentiation.

1. Anhäufung einer Substanz an gewissen Stellen.

a) Von der Umgebung nicht scharf abgesetzt (Schlieren).

Solche finden sich fast stets beim Olivin, der in allen Versuchen sehr oft zu Nestern oder Kränzchen gehäuft auftritt. Auch bei Magnetit (IV. und V. Reihe) und Anorthit (I. Reihe) sind solche schlierige Absonderungen auffallend häufig.

b) Von der Umgebung scharf, meist in recht markanten Begrenzungslinien gesondert.

Diese Erscheinungen treten bei manchen Mischungen so häufig, deutlich und fast regelmäßig auf, daß man beinahe versucht wäre, von einem „Antagonismus“ gewisser Mineralien zu sprechen[3]. Insbesondere seien hier hervorgehoben:

Diopsid — Anorthit (I. Reihe). Partien, in denen nur Diopsid, und solche, wo nur Anorthit (bloß manchmal mit vereinzelten Diopsidnadeln) erscheint, sind nicht selten.

Diopsid — Anorthit, Olivin (VI. Reihe). Anorthit wird stets von Olivin begleitet; von diesen ist der Diopsid scharf geschieden.

---

[1] Vergl. C. Doelter, Chem.-phys. Min. p. 145. Petrogenesis. p. 71 u. f.

[2] Differentiationserscheinungen beobachtete u. a. auch J. Morozewicz, Tschermak's Mitt. 18.

[3] Ähnliche Beobachtungen haben bereits Doelter u. a. gemacht. — Vergl. C. Doelter, Chem.-phys. Min. p. 147. — J. Lenarčič, dies. Jahrb. Beil.-Bd. XIX.

Digitized by Google

Diopsid — Nephelin, Olivin (III. Reihe) zeigt dieselben Verhältnisse.

Diopsid — Olivin (VIII. Reihe) ließ wenigstens bei einem Versuche (e) dieselbe Erscheinung erkennen.

2. Verschiedene Ausbildung eines Minerals an verschiedenen Stellen.

a) Nach der Größe.

Nicht selten macht sich ein auffallender Größenunterschied eines Minerals an verschiedenen Partien des Schliffes, die oft knapp nebeneinander liegen und gegeneinander scharf begrenzt sind, geltend.

Stellen mit feinkörnigem und solche mit grobkörnigem Olivin (II. und VII. Reihe) in dieser Anordnung sind keineswegs selten. Ebenso finden sich in den Reihen IV und V größere und weitaus kleinere Augitkristalle scharf gesondert. Hierher mag auch die in der VI. Reihe beschriebene Diopsidabsonderung gerechnet werden.

Die Verschiedenheit in der Größenausbildung kann wohl durch eine Ungleichmäßigkeit der Abkühlung in den einzelnen Partien der Schmelze erklärt werden.

b) Nach der chemischen Beschaffenheit.

Solche Differentiationen sind bei künstlichen Schmelzprodukten im allgemeinen viel schwerer, oft wohl gar nicht nachweisbar. Messungen der Auslöschungen, in günstigen Fällen auch mikrochemische Reaktionen, Bestimmung der Brechung u. dergl. können hier Anwendung finden. Das beste und einfachste, freilich nur verhältnismäßig selten auftretende Kennzeichen einer solchen Differentiation hat man dort, wo sich die verschiedene chemische Zusammensetzung in verschiedenen Farbentönungen äußert. Auf diese Weise konnten in der IV. und V. Versuchsreihe überall Absonderungen des Augites nach verschiedenem Eisengehalte festgestellt werden[1].

B. Magmatische Differentiation.

Absonderungen nach dem spezifischen Gewichte treten bekanntlich auch bei den Schmelzversuchen nicht selten auf. Ich selbst vermochte bei meinen Versuchen keine typischen

[1] Vergl. C. Doelter, l. c. p. 146.

Digitized by Google

Erscheinungen dieser Art festzustellen. Dagegen ergab die optische Untersuchung des Schliffes d der V. Reihe die merkwürdige Tatsache, daß hier eine Differentiation fast entgegengesetzt dem spezifischen Gewichte stattfand, indem die obersten Partien mit dicht aneinandergelagertem Magnetit angereichert sind, während in der Mitte eisenreicher Diopsid und am Tiegelboden nur eisenfreier Olivin differenziert ist.

Ich führe diese bezeichnenden Differentiationserscheinungen, für die ja bis heute noch keine allseits völlig befriedigende Erklärung gefunden werden konnte, hier an, ohne eine mehr oder weniger wahrscheinliche Hypothese daran zu knüpfen. Es soll vielmehr nur eine Anregung sein, in Hinkunft bei Experimenten solche Erscheinungen genauer ins Auge zu fassen und auch in dieser Hinsicht zunächst das Tatsachenmaterial zu bereichern. Es ist nicht unmöglich, daß solche Vorgänge in der Natur vielleicht sogar auf die Ausscheidungsfolgen von Einfluß sind.

II.

Schmelz- und Erstarrungskurven.

Betrachten wir nun in Kürze die Schmelz- und Erstarrungskurven, wie sie in den Diagrammen bei den einzelnen Versuchsreihen dargestellt sind. Leider konnten die Schmelzpunkte der künstlich erzeugten Komponenten bisher noch nicht alle genau bestimmt[1] und daher auch in den Figuren nicht eingetragen werden.

I. Versuchsreihe (Fig. 1). Beide Schmelzpunkte (T_1 und T_2), voneinander um 15—45° (durchschnittlich 25°) entfernt, zeigen einen annähernd analogen Verlauf. Vom Schmelzpunkte des reinen Diopsids (gegen 1325°)[2] sinken die Kurven anfangs ziemlich steil herab, flachen sich in der Umgebung des Eutektikums (70 : 30) ab und steigen erst am Schlusse wieder sehr steil zum reinen Anorthit (gegen 1330°)[2] empor. Die

[1] Chemisch reiner, kristallisierter Diopsid schmilzt nach V. Pöschl bei 1300—1325°.

[2] Die Schmelzpunkte der amorphen Phase (des Mineralglases) sind noch nicht bestimmt und daher in den Diagrammen nicht eingezeichnet.

Digitized by Google

Kurve T_3 weicht nicht erheblich von T_1 ab. Dagegen liegen die Endpunkte der Erstarrung (T_4) weit (durchschnittlich 45°) unter den Schmelzpunkten T_1. Insbesondere macht sich beim Eutektikum eine starke Unterkühlung von 60° bemerkbar.

II. Versuchsreihe (Fig. 2). Die Schmelzkurven, auch hier wieder ziemlich analog in einem Abstande von durchschnittlich 37° verlaufend, sind im allgemeinen ganz flach und steigen an beiden Enden zu den Komponenten steil empor. Das Eutektikum liegt ungefähr bei 60 Diopsid und 40 Olivin. Die Kurve T_3 fällt wieder nahezu mit T_1 zusammen. Die Unterkühlung schwankt zwischen 35° und 70°; es macht sich hierbei eine kleine Verschiebung des tiefsten Erstarrungspunktes vom eutektischen Punkte geltend.

Die Schmelzpunkte der kristallinen Gemenge (Δ_1, Δ_2) verlaufen annähernd geradlinig in der Höhe des Diopsidschmelzpunktes.

III. Versuchsreihe (Fig. 4). Auch hier fallen die Schmelzkurven zuerst sehr steil vom Diopside herab, flachen sich zu beiden Seiten des Eutektikums (70 : 30) merklich ab und steigen auf den anderen Seiten ziemlich geradlinig und mehr allmählich zum Nephelin empor. Der Unterschied zwischen beiden Schmelzpunkten beträgt im Durchschnitte 40°. Die Erstarrungskurven verlaufen, kleinere Unregelmäßigkeiten abgesehen, analog den Schmelzkurven. Die Unterkühlung beträgt im Mittel 37°.

Auffällig ist die Tatsache, daß sich die Kurven in der Nähe des Eutektikums beiderseits merklich abflachen; besonders bei der III. Versuchsreihe tritt diese Erscheinung recht typisch hervor. Auch bei der I. Reihe verläuft der eine Kurvenast eine größere Strecke nahezu horizontal. Ähnliche Verhältnisse finden sich auch in der physikalischen Chemie öfter erwähnt und wurden hier bereits näher erforscht. Das Aufsteigen der Kurven zu einem dritten, zwischen den beiden anderen Schenkeln liegenden Maximum läßt auf das Vorhandensein neuer Verbindungen schließen[1]. Dieses Kurven-

[1] Vergl. H. W. B.-Roozeboom und A. H. W. Aten, Gleichgewichte zwischen festen und flüssigen Phasen in ternären Systemen. Zeitschr. f. phys. Chemie. 53. 1906. — R. Kremann, Über das Schmelzen dissoziierender Stoffe etc. K. Akad. d. Wiss. Wien. Juli 1904.

Digitized by Google

stück ist nun um so flacher, je größer die Dissoziation dieser Verbindungen ist. Der Verlauf unserer Kurven würde also auf eine ganz bedeutend starke thermolytische Dissoziation hinweisen.

Bei den Versuchen mit 3 Komponenten, wo ja die Verhältnisse ungleich kompliziertere sind, müssen die Kurven, die nach der von H. H. Reiter (l. c. p. 192) angegebenen Methode dargestellt wurden, naturgemäß größere Unregelmäßigkeiten ergeben. In den meisten Fällen zeigen die Schmelzkurven auch hier nur einen eutektischen Punkt. Die Kurve T_3 weicht aber oft recht bedeutend von T_1 ab. Ebenso ist das Maß der Unterkühlung ganz gewaltigen Schwankungen unterworfen. Gerade die Kurven T_3 und T_4 zeichnen sich durch besondere Unregelmäßigkeiten aus. Als charakteristisches Beispiel hierfür sei nur auf die Verhältnisse bei der VII. Versuchsreihe (Fig. 9) verwiesen. Die Erstarrungskurve T_4 zeigt auf beiden Hälften je ein Minimum und steigt gegen die Mitte zu ziemlich steil an. Bei dem Mengenverhältnisse von Diopsid : Olivin : Nephelin = 76,5 : 8,5 : 15 beträgt die Unterkühlung sogar 150°. Ein Beobachtungsfehler ist hierbei ausgeschlossen, da dieser Versuch mehrmals und in modifizierter Weise mit gleichen Ergebnissen wiederholt wurde. Während also in diesem Falle die Unterkühlung so groß ist, beträgt sie dagegen beim Versuch d bloß 10°.

Aber auch bei den anderen Versuchsreihen mit 3 Komponenten zeigen die Schmelz- und insbesondere die Erstarrungskurven sehr oft einen ganz unregelmäßigen zickzackförmigen Verlauf. Naheliegend ist es, auch hier wieder der Entstehung neuer Verbindungen und der Dissoziation eine Rolle zuzuweisen. Daß die Dissoziation flüssiger Verbindungen häufig mit Wärmetönungen verbunden ist, wissen wir. Man wird daher wohl kaum fehlgehen, auch diese Erscheinungen wenigstens z. T. auf Rechnung der Dissoziation zu setzen, der sicherlich bei Silikatschmelzen eine größere Bedeutung zukommt, als Vogt glaubt.

Was schließlich die Schmelzpunkte der kristallinischen Gemenge dreier Komponenten anlangt, so schwanken sie bei den einzelnen Mischungsverhältnissen meist nur innerhalb enger Grenzen und zeigen keinerlei bedeutendere Erniedrigung.

Digitized by Google

Unterkühlung.

Die Abscheidung der Mineralien erfolgte stets, wie die Betrachtung der Erstarrungskurven lehrt, in stark unterkühltem Zustande. Der Beginn der Erstarrung (T_3) ist wohl im allgemeinen von dem Eintritte des Weichwerdens (T_1) nicht viel verschieden. Dagegen blieben die Schmelzen in allen Fällen bei der Abkühlung noch weit unter dem ersten Schmelzpunkte weich. Die Mineralabscheidung geht im Zustandsfelde T_3—T_4 vor sich, das 40—80° und oft noch weit mehr unter T_1 herabreicht.

Die Unterkühlung ist also eine ganz bedeutende und daher ein keineswegs zu unterschätzender Faktor, der, wie C. Doelter[1] mit Recht betont, auf die Ausscheidungsfolge einen gewichtigen Einfluß ausüben muß. Dies geht auch aus den Versuchen Doelter's, Lenarčič u. a., wobei durch Rühren oder Impfung dieser Einfluß aufgehoben und dadurch die Ausscheidung beeinflußt werden konnte, hervor. Vogt aber hat diesen Faktor ebenso wie viele andere nur wenig berücksichtigt.

Nernst'sches Löslichkeitsgesetz.

J. H. L. Vogt kommt in seinen Ausführungen (l. c. II. p. 151 u. f.) auch zum Schlusse, daß unter anderem das Nernst'sche Gesetz von der Löslichkeits-Erniedrigung bei gemeinschaftlichem Ion auch auf Silikatschmelzen Anwendung findet. Es müßte demzufolge bei Zusatz einer Komponente mit gemeinschaftlichem Ion eine Erhöhung, bei Zusatz einer solchen mit verschiedenem Ion dagegen eine Erniedrigung der Schmelzpunkte (= Erhöhung der Löslichkeit) eintreten.

Vogt hat dieses Gesetz, dessen Anwendbarkeit auf Silikatschmelzen auch C. Doelter für sehr wahrscheinlich hält, freilich mehr aus theoretischen Erwägungen auf die Silikate übertragen, während er merkwürdigerweise gerade die theoretische Grundlage dieses Gesetzes, die elektrolytische Dissoziation, teilweise zu leugnen sucht. Eine nähere experimentelle Untersuchung dieser Frage bezweckten vornehmlich meine

[1] Die Silikatschmelzen. III. p. 32 u. f.

Digitized by Google

Schmelzpunktsbestimmungen bei 3 Komponenten, die ich auf Anregung C. Doelter's ausführte.

Zu diesem Behufe wurden zunächst die Schmelz- und Erstarrungspunkte zweier Komponenten in verschiedenen Mischungsverhältnissen bestimmt; dann wurde unter Beibehaltung der früheren Verhältnisse eine dritte Komponente (und zwar 15% des Gesamtgewichtes) zugesetzt und die zugehörigen Punkte nach der angeführten Methode ermittelt. Bemerkt sei, daß sich die folgenden Untersuchungen nur auf die völlig glasig erstarrten Schmelzen beziehen.

Die beigefügte Tabelle gibt eine Übersicht über die diesbezüglichen Ergebnisse. Für die Schmelzpunkte wurde das arithmetische Mittel aus T_1 und T_2 (resp. T_3 und T_4) eingesetzt. In den runden Klammern sind die zugehörigen Erniedrigungen resp. Erhöhungen der Schmelzpunkte in Graden und in der letzten Reihe in Prozenten ausgedrückt.

Die Zahlen, die ich für die Anzahl der zugesetzten Ionen annahm, sind natürlich nicht ohne weiteres als der Wirklichkeit entsprechend anzusehen. Wenn z. B. $FeFe_2O_4$ in Fe_2O_3 und FeO dissoziiert ist, so müßte vielleicht angenommen werden, daß bei Zusatz von Magneteisen 2 (und nicht 1) ververschiedene Ionen in die Lösung eintreten. Ähnliches wird auch bei den anderen zugefügten Komponenten der Fall sein können[1]. Da wir aber dermalen noch keine sicheren Anhaltspunkte über die Art und die Größe der Dissoziation in Silikatschmelzen besitzen, so wäre ich gezwungen, bloß mehr oder minder willkürliche Annahmen zu machen. Um dies zu vermeiden, habe ich in der betreffenden Kolonne nur die Anzahl der zugefügten gleichen oder verschiedenen Elemente angeführt.

Die Tabelle zeigt, daß auf Zusatz von Magneteisen zur Diopsid-Anorthit-Lösung eine auffällige Erniedrigung der Schmelzpunkte eintrat, welche je nach dem Mengenverhältnisse der beiden ersten Komponenten zwischen 13° und 60° schwankt. Möglich, daß diese Schwankungen durch einen verschiedenen Grad von Dissoziation bei verschiedenen Mischungsverhältnissen verursacht werden. Bei der Schwierigkeit der Beobachtung und der Unvollkommenheit unserer technischen

[1] Vergl. J. Vogt, l. c. II. p. 153, Anm. 1.

Digitized by Google

Versuchsreihe	Komponenten	Zugesetzte Ionen[1] gemeinsame	Zugesetzte Ionen[1] verschiedene	Schmelz- und Erstarrungspunkt $\left(\frac{T_1+T_2}{2};\ \frac{T_3+T_4}{2}\right)$ bei dem Verhältnisse des Diopsides zur 2. Komponente = 90 : 10		80 : 20		70 : 30		60 : 40		50 : 50		20 : 80	
				$\frac{T_1+T_2}{2}$	$\frac{T_3+T_4}{2}$	$\frac{T_1+T_2}{2}$	$\frac{T_3+T_4}{2}$	$\frac{T_1+T_2}{2}$	$\frac{T_3+T_4}{2}$	$\frac{T_1+T_2}{2}$	$\frac{T_3+T_4}{2}$	$\frac{T_1+T_2}{2}$	$\frac{T_3+T_4}{2}$	$\frac{T_1+T_2}{2}$	$\frac{T_3+T_4}{2}$
I	$CaMgSi_2O_6$ $CaAl_2Si_2O_8$			**1245°**	***1218°***	**1193°**	***1160°***	**1188°**	***1143°***	**1225°**	***1183°***	**1228°**	***1185°***	**1243°**	***1210°***
IV	$CaMgSi_2O_6$ $CaAl_2Si_2O_8$ (15 % $FeFe_2O_4$)	—	1	**1185°** (— 60°) 4,82 %	***1150°*** (*68°*) *5,66 %*	**1180°** (— 13°) 1.18 %	***1163°*** (+ *3°*) *0,24 %*	**1145°** (— 43°) 3,62 %	***1125°*** (— *18°*) *1,58 %*	**1175°** (— 50°) 4,08 %	***1133°*** (— *50°*) *4,23 %*				
II	$CaMgSi_2O_6$ Mg_2SiO_4			**1225°**	***1190°***	**1220°**	***1190°***	**1210°**	***1185°***	**1203°**	***1163°***	**1220°**	***1165°***	**1235°**	***1193°***
V	$CaMgSi_2O_6$ Mg_2SiO_4 (15 % $FeFe_2O_4$)	—	1	**1190°** (— 35°) 2,86 %	***1150°*** (— *40°*) *3,36 %*	**1205°** (— 15°) 1,23 %	***1170°*** (— *20°*) *1,69 %*	**1193°** (— 17°) 1,45 %	***1140°*** (— *45°*) *3,8 %*	**1178°** (— 25°) 2,08 %	***1153°*** (— *10°*) *0,86 %*				
VII	$CaMgSi_2O_6$ Mg_2SiO_4 (15 % $Na_8Al_8Si_9O_{34}$)	1	2	**1175°** (— 50°) 4,08 %	***1075°*** (— *115°*) *9,67 %*	**1170°** (— 50°) 4,1 %	***1113°*** (— *77°*) *6,47 %*	**1165°** (— 45°) 3,72 %	***1128°*** (— *57°*) *4,82 %*	**1165°** (— 38°) 3,16 %	***1153°*** (— *10°*) *0,86 %*	**1195°** (— 25°) 2,05 %	***1168°*** (+ *3°*) *0,26 %*	**1210°** (— 25°) 2,02 %	***1160°*** (— *33°*) *2,76 %*
VI	$CaMgSi_2O_6$ Mg_2SiO_4 (15 % $CaAl_2Si_2O_8$)	2	1	**1235°** (+ 10°) 0,81 %	***1173°*** (— *17°*) *1,43 %*	**1220°** (+ 0°) 0 %	***1173°*** (— *17°*) *1,43 %*	**1218°** (+ 8°) 0,66 %	***1190°*** (+ *5°*) *0,42 %*	**1208°** (— 5°) 0,41 %	***1158°*** (— *5°*) *0,43 %*	**1238°** (+ 18°) 1,47 %	***1195°*** (+ *30°*) *2,57 %*		
VIII	$CaMgSi_2O_6$ Mg_2SiO_4 (15 % $K_2Al_2Si_6O_{16}$)	1	2			**1273°** (+ 53°) 4,34 %	***1245°*** (+ *55°*) *4,63 %*	**1263°** (+ 53°) 4,38 %	***1238°*** (+ *43°*) *3,63 %*	**1250°** (+ 47°) 3,9 %	***1230°*** (+ *67°*) *5,76 %*	**1230°** (+ 10°) 0,82 %	***1195°*** (+ *30°*) *2,58 %*	**1248°** (+ 13°) 1,05 %	***1220°*** (+ *27°*) *2,26 %*

[1] Bemerkungen hiezu im Texte.

Digitized by Google

Hilfsmittel sind aber bei aller Sorgfalt und Genauigkeit die relativen Fehler der Messungen im Vergleiche zur Größe der Schmelzpunktserniedrigung doch so groß, daß es nicht angeht, etwa solche Folgerungen zu ziehen. Wir müssen uns vorläufig bloß damit begnügen, nur die Tatsache festzustellen, daß überhaupt eine nicht unbedeutende Erniedrigung der Schmelzpunkte zu verzeichnen ist. Der Vergleich der Erstarrungspunkte zeigt die nämlichen Verhältnisse.

Auch bei Diopsid-Olivin bewirkte der Zusatz von Magneteisen eine Schmelzpunktserniedrigung, die diesmal durchschnittlich etwas geringer ist und zwischen 15° und 45° wechselt.

Die Beimengung von Nephelin ergab ebenfalls eine sehr bedeutende Erniedrigung von 25—115°. Damit im Einklange stünde die von C. Barus[1] aus Versuchen geschöpfte Vermutung, daß die Al-reichen saueren Silikate, ein größeres elektrisches Leitvermögen besitzen, als die basischen. Es würde dies auf eine größere Dissoziation hinweisen.

Bei Zusatz von Anorthit endlich entstand eine kleine, noch innerhalb der Fehlergrenze liegende Erhöhung, in mehreren Fällen auch eine ganz minimale Erniedrigung. Man kann daher annehmen, daß die Schmelzpunkte durchschnittlich unverändert geblieben sind. Diese Tatsache läßt sich auch ziemlich gut mit der theoretischen Forderung in Einklang bringen, indem in die Schmelze 1 verschiedener und 2 gemeinsame Ionen eintraten, die sich, vielleicht etwas verschieden stark dissoziiert, in ihrer Wirkung gegenseitig aufhoben.

Was schließlich das anscheinend regelwidrige Verhalten bei Zusatz von Orthoklas anbelangt, so sei hier darauf verwiesen, daß sich nach dem Ergebnisse der optischen Untersuchung oft kein Orthoklas, sondern ein Plagioklas abgeschieden hat. Es werden dabei jedenfalls komplizierte chemische Vorgänge, in die wir aber weiter keinen Einblick besitzen, vor sich gegangen sein. Vielleicht mag auch Polymerisation einen Einfluß ausüben. Es dürfte deshalb wohl ratsam sein, diese Reihe vorläufig überhaupt aus dem Kreise unserer diesbezüglichen Betrachtungen auszuschalten.

[1] Vergl. C. Doelter, Chem.-phys. Min. p. 102 u. 122.

Digitized by Google

Von großer Wichtigkeit für die Beurteilung dieser Frage ist die Genauigkeit der ausgeführten Messungen. Nehmen wir als Maß der unvermeidlichen Fehler durchschnittlich ungefähr 3 % an, die sich nach beiden Richtungen als ± 1,5 % verteilen. Es entspricht dies bei einer mittleren Temperatur von beiläufig 1200° absolut genommen ± 18°. Da den Berechnungen das arithmetische Mittel von T_1 und T_2 resp. T_3 und T_4 zugrunde liegt, so beträgt bei obiger Annahme der größtmöglichste Fehler 1,5 %. Ein Überblick über das prozentuelle Maß der eingetretenen Schmelzpunktserniedrigungen zeigt, daß sie wohl im allgemeinen nur gering sind, immerhin aber doch die maximale Fehlergröße etwas, oft sogar ganz bedeutend überschreiten.

Es ist selbstverständlich nicht statthaft, auf Grund der wenigen und wegen der schwierigen Verhältnisse mit mancherlei Mängel behafteten Versuche einen ganz sicheren Schluß zu ziehen. Es müssen speziell in dieser Richtung noch eine größere Zahl von genaueren Messungen — bislange fehlen ja experimentelle Daten überhaupt — angestellt werden, bis sich diese Frage endgültig entscheiden lassen wird.

Berücksichtigt man auch die ähnlichen experimentellen Ergebnisse[1], zu denen M. Urbas gekommen ist, so kann man vorläufig nur das eine sagen, daß das Nernst'sche Löslichkeitsgesetz aller Wahrscheinlichkeit nach auf Silikatschmelzen Anwendung finden dürfte. Ob ihm aber in der Natur eine solche Bedeutung zukommt, wie Vogt annimmt, wage ich nicht zu behaupten.

Dissoziation.

Fast in allen bislang erschienenen Arbeiten findet sich die Tatsache verzeichnet, daß beim Zusammenschmelzen mehrerer Mineralien oft chemische Umsetzungen stattfinden, welche die Abscheidung neuer Mineralien zur Folge haben. Auch bei meinen Versuchen sind solche Fälle eingetreten. Wenn Diopsid Eisen aufgenommen hat (III. und IV. Reihe), so erfolgte sicherlich nicht die Aufnahme von $FeFe_2O_4$, sondern von FeO resp. Fe_2O_3. Diese und ähnliche Umsetzungen (wie z. B. die oft beobachtete Spinellbildung u. a.) verleihen gewiß

[1] Noch nicht veröffentlicht.

Digitized by Google

der Annahme, daß in der Schmelze neben Fe_3O_4 auch FeO und Fe_2O_3 dissoziiert auftreten, eine große Wahrscheinlichkeit. Auch die von mir beobachtete Eisenabgabe des Olivins an eisenfreiem Diopsid (V. Reihe) spricht für die Dissoziation des ersteren. Ebenso wies ja auch die Betrachtung der Schmelz- und Erstarrungskurven auf eine ganz namhafte Dissoziation der Silikatschmelzen hin.

Ob nun die einzelnen Komponenten neben komplizierteren Atomgruppen auch teilweise in Oxyde, wie C. Doelter (l. c. I. p. 13 u. 68) annimmt, thermolytisch dissoziiert sind, oder ob die Dissoziation in anderer Weise, z. B. wie Vogt (l. c. II. p. 153. Anm. 1) meint, bei Spinell in Mg und Al_2O_4 oder bei Orthoklas in KAl und Si_2O_8 erfolgt, läßt sich dermalen noch nicht mit absoluter Sicherheit beweisen. Jedenfalls aber müssen die beobachteten chemischen Umsetzungen als eine gewichtige Stütze für Doelter's Annahme bezeichnet werden, während Vogt seine Auffassung mit keinerlei Beweis zu belegen vermag.

Überhaupt ist es auch merkwürdig, daß Vogt die (elektrolytische) Dissoziation bei Silikatschmelzlösungen einerseits leugnet (l. c. II. p. 197), sie an anderen Stellen aber zugibt (ibid. p. 142, 152, 161 u. a.) und sogar zu Erklärungen heranzieht. Das Nernst'sche Löslichkeitsgesetz verlangt konsequenterweise auch die Annahme einer Dissoziation, weil doch dieses Gesetz einzig und allein auf der elektrolitischen Dissoziation beruht. Und dem Nernst'schen Gesetze eine große, der Dissoziation dagegen fast keine Bedeutung beizumessen, schließt einen offenbaren Widerspruch in sich.

Daß die Silikatschmelzen tatsächlich dissoziierte Lösungen sind, darüber kann wohl heute kaum mehr ein Zweifel herrschen. Über die Art und die Größe dieser Dissoziation sind wir uns freilich noch recht unklar. In jedem Falle aber haben wir neben der Ionen-Dissoziation auch die thermolytische in Oxyde und andere Verbindungen zu berücksichtigen. Es ist nun selbstverständlich, daß diejenigen stöchiometrischen Verbindungen, die bei der Abkühlung als Komponenten auskristallisieren, auch in den Silikatschmelzen selbst bestehen[1]. Das hat niemand, auch

[1] J. Vogt, l. c. II. p. 197.

Digitized by Google

Doelter[1] nicht geleugnet. Aber daneben existieren sicher noch andere, mehr oder weniger dissoziierte Bestandteile, insbesondere wohl auch Oxyde, über deren nähere Beschaffenheit wir freilich keine Aufklärung zu geben vermögen. Wahrscheinlich sind die Dissoziationsvorgänge bei den doch meist recht kompliziert zusammengesetzten Mineralien auch zu kompliziert, um sich in ein einfaches Schema kleiden zu lassen.

Eutektikum.

J. H. Vogt gebührt auch in erster Linie das Verdienst, das theoretische Schema des Eutektikums auch auf die Silikatschmelzen übertragen zu haben. Nach demselben ist die Lage des Eutektikums vor allem von den Schmelzpunkten und dem Mengenverhältnisse, ferner von den lat. Schmelzwärmen, den Molekulargewichten und der (elektrolytischen) Dissoziation der einzelnen Komponenten abhängig[2]. Vogt meint nun aus diesen Bestimmungselementen die Lage des Eutektikums durch eine mathematische Formel berechnen zu können.

Derlei Berechnungen sind aber bei den großen Fehlern, die den einzelnen Bestimmungen, insbesondere denen der lat. Schmelzwärmen — die Dissoziation vernachlässigt Vogt überhaupt — anhaften, dermaßen unsicher, daß eine Prüfung der Richtigkeit dieser Formel auf mathematischem Wege vorderhand überhaupt ausgeschlossen ist. Dagegen ist eine solche Prüfung durch das Experiment auch heute schon möglich.

Bei allen meinen Reihen und auch bei den in anderen Arbeiten beschriebenen Versuchen zeigte sich, daß die Ausscheidungsfolge in den allermeisten Fällen von dem Mengenverhältnisse der einzelnen Komponenten völlig unabhängig war. Diese Tatsache steht aber in direktem Widerspruche zur obigen Formel und könnte nicht der Fall sein, wenn das von Vogt aufgestellte Schema wirklich in praxi Gültigkeit besäße.

Ein weiterer Grund, welcher gegen die Anwendbarkeit dieser Formel spricht, ist der, daß sich auch bei meinen

[1] Vergl. C. Doelter, Über die Silikatschmelzlösungen. Centralbl. f. Min. etc. 1905. No. 5.

[2] J. Vogt, l. c. II. p. 128.

Digitized by Google

Versuchen nirgends eine durch gleichzeitige Abscheidung beider Komponenten im eutektischen Punkte bedingte Eutektstruktur findet. In der I. und III. Versuchsreihe zeigen sich sogar bei der eutektischen Mischung direkte Differentiationserscheinungen beider Gemengteile. Nur in der II. Reihe, wo bei einigen Versuchen der Diopsid als dichter Mikrolithenfilz zwischen den einzelnen Olivinkörnchen gelagert ist, könnte man vielleicht von Anklängen an eine Eutektstruktur sprechen. Aber auch hier ist diese Struktur keineswegs auf das empirisch ermittelte Eutektikum (Versuch d) beschränkt, sondern sie tritt im Gegenteile beim Versuch f (und auch bei e), also dort, wo Olivin weitaus vorherrscht, ungleich typischer hervor. Hier erwähne ich auch noch die Tatsache, daß die Kristallisationsgeschwindigkeit des Olivins bei meinen Versuchen etwas geringer war als die des Diopsids.

Schon H. W. Roozeboom[1] hebt nun hervor, daß sich beim Experimente vornehmlich wegen der verschiedenen Kristallisationsgeschwindigkeit der einzelnen Komponenten bedeutende Abweichungen vom theoretischen Schema ergeben müssen. Und die Kristallisationsgeschwindigkeit differiert ja, wie wir wissen, bei Silikaten oft sehr erheblich.

C. Doelter[2] lenkte die Aufmerksamkeit aber noch auf eine Reihe anderer Faktoren, die ebenfalls hierbei von gewichtigem Einfluß sind, so die Abkühlungsverhältnisse, Übersättigung, Dissoziation, Kristallisationsvermögen und vor allem die Unterkühlung. Besonders letztere ist von großer Wichtigkeit, weil ja, wie wir sahen, die Abscheidung der Silikate stets in stark unterkühltem Zustande vor sich geht.

Aus dem Gesagten erhellt, daß das von Vogt aufgestellte Schema in praxi nur in ganz seltenen Ausnahmsfällen auf die Silikatschmelzen zutreffen kann; denn während er in demselben den Einfluß einiger Faktoren, wie z. B. der Schmelzpunkte, weitaus überschätzt, finden eine Menge anderer, höchst wichtiger Faktoren überhaupt keine Berücksichtigung. Es beweist dies wieder, daß sich die Gesetze der verdünnten Lösungen nicht so ohne weiteres, jedenfalls nicht ohne ganz erhebliche Abänderungen auf die Silikatschmelzen übertragen lassen.

[1] Heterogene Gleichgewichte. p. 171.

[2] Die Silikatschmelzen. I. p. 58; III. p. 16 u. a.

Digitized by Google

Formeln von RAOULT und VAN'T HOFF.

Wie bereits früher ausgeführt, machte sich in allen Versuchen, sowohl mit 2 wie mit 3 Komponenten, bei den glasigen Schmelzen (also der erstarrten Schmelzlösung) eine bedeutende Erniedrigung weit unter die Schmelzpunkte der einzelnen Komponenten geltend. VOGT hat nun auch für diese Erscheinung die für verdünnte Lösungen gültigen Formeln von RAOULT und VAN'T HOFF angewendet.

M. VUČNIK[1] und B. VUKITS (l. c.) haben eine Anzahl solcher Berechnungen ausgeführt, meist aber ohne eine Bestätigung dafür zu finden. Nur in wenigen Fällen konnte durch Multiplikation des Molekulargewichtes mit verschiedenen, ganz willkürlichen Faktoren (z. B. bei Albit mit 1—6) eine annähernde Übereinstimmung des Experimentes mit der Berechnung erzielt werden.

Eine rechnerische Kontrolle dieser Formeln aber ist meiner Ansicht nach aus den im vorigen Abschnitte dargelegten Gründen vorläufig ganz ausgeschlossen. VOGT (l. c. II. p. 103) selbst gibt ja die Ungenauigkeit mehrerer Bestimmungen und Berechnungen zu. Aber auch bei aller Umsicht und Genauigkeit der Messungen sind die Fehler doch noch so groß, daß eine Prüfung auf mathematischem Wege heute nicht möglich ist, zumal auch der Einfluß der Dissoziation, der keineswegs so unbedeutend ist, vorläufig ganz vernachlässigt werden müßte.

Jedenfalls aber werden sich auch hier z. T. die im vorigen Kapitel erwähnten, von C. DOELTER hervorgehobenen Faktoren geltend machen. Gegen die praktische Anwendbarkeit dieser Formeln spricht aber schon der Umstand, daß für die Berechnungen doch nur die Schmelzpunkte in Betracht kommen können, während in Wirklichkeit der Einfluß der Erstarrungspunkte, die infolge der Unterkühlung um 40—80° und oft noch mehr tiefer liegen, von Bedeutung ist.

Es kann daher diesen Formeln in unserem Falle höchstens ein theoretischer Wert beigelegt werden. Sie greifen aus der Zahl der wirksamen Faktoren nur einige wenige heraus; Kristallisationsverhältnisse[2], Unterkühlung, Dissoziation und

[1] Centralbl. f. Min. etc. 1904.

[2] Vergl. C. DOELTER. l. c. II. p. 17.

Digitized by Google

die nicht zu unterschätzenden komplizierten chemischen Vorgänge in der Schmelze sind aber in praxi von weit größerem Einflusse. Und nicht in letzter Linie ist zu berücksichtigen, daß die Silikatschmelzen, wie auch Vogt (l. c. II. p. 142) zugibt, konzentrierte Lösungen darstellen, deren weit kompliziertere Gesetze nicht einmal die physikalische Chemie bei den wässerigen Lösungen noch ganz erforscht hat.

Auch bei der in ganz vereinzelten Fällen beobachteten Übereinstimmung zwischen Experiment und Berechnung müßte man, abgesehen von nicht unwahrscheinlichen Zufälligkeiten, die schmelzflüssigen Silikate meist als stark polymerisiert annehmen, was aber aus vielen anderen Gründen (l. c. II. p. 147) wieder unwahrscheinlich ist.

Was schließlich die kristallinischen Gemenge anlangt, so lehrt schon ein flüchtiger Vergleich der Schmelzpunkte, daß sie mit den Gläsern keinerlei Ähnlichkeit besitzen und daher diese Formeln für sie überhaupt nicht in Betracht kommen können. Es wird hierbei jener Vorgang eintreten, den C. Doelter annimmt, daß die zuerst schmelzende Komponente die andere einfach löst, ohne daß eine große gegenseitige Beeinflussung stattfände. Tatsächlich sinkt auch der Schmelzpunkt des kristallinischen Gemenges nur in sehr seltenen Fällen unter den der leichter schmelzbaren Komponente herab. Wenn aber dies bei meinen Versuchen manchmal doch der Fall war, so ist dies kein Gegenbeweis, weil ja trotz der Abkühlungsversuche in der Masse stets noch etwas Glas vorhanden ist, welches bedeutend früher zu schmelzen beginnt[1]. Dagegen beweist der Umstand, daß die Schmelzkurven der kristallinischen Gemenge meist nur wenig von einer Geraden abweichen, hinlänglich, daß die oben erwähnten Formeln für sie überhaupt nicht in Betracht kommen dürfen.

Rückblick.

Skizzieren wir noch in kurzen Zügen das Gesamtergebnis aller Versuche, so müssen wir zunächst die Tatsache festhalten, daß auch bei den künstlichen, reinen Verbindungen un-

[1] Glashaltige Gemenge haben, wie Experimente zeigen, stets bedeutend niedrigere Schmelzpunkte als vollkristallinische.

Digitized by Google

gefähr dieselben Verhältnisse in bezug auf Ausbildung und Ausscheidung herrschen, wie bei den natürlichen Mineralien.

Die Ausscheidungsfolge ergab auch bei meinen Versuchen eine schöne Übereinstimmung mit der ROSENBUSCH'schen Regel. Nur der Diopsid machte hierin eine Ausnahme, indem er sich z. T. vor dem Anorthit abschied; in diesen Fällen konnte aber auch ein bedeutend größeres Kristallisationsvermögen dieses künstlichen Diopsids festgestellt werden, als es sonst der Fall ist, eine Tatsache, die den von C. DOELTER betonten engen Zusammenhang zwischen Ausscheidungsfolge und Kristallisationsvermögen beweist. Die Ausscheidungsfolge war stets von dem Mengenverhältnisse der einzelnen Komponenten unabhängig. Es trat bei den einzelnen Versuchsreihen weder Wechsel derselben, noch eine Eutektstruktur auf, die das VOGT'sche Schema postuliert. Die Gründe hierfür sind in jenen Faktoren zu suchen, auf die DOELTER mit Nachdruck hinweist; es sind dies vor allem Kristallisationsgeschwindigkeit und -Vermögen, Dissoziation, Unterkühlung u. a., deren ganz bedeutenden Einfluß auf die Abscheidung VOGT vernachlässigt hat.

Eingehendere Berücksichtigung fanden in meiner Arbeit die überall mit großer Häufigkeit und Deutlichkeit auftretenden Differentiationserscheinungen, die in Hinkunft auch bei Versuchen genauer studiert werden mögen. Meine diesbezüglichen Beobachtungen finden sich am Schlusse des ersten Teiles (p. 74) übersichtlich zusammengefaßt.

Eine Betrachtung der Schmelz- und Erstarrungskurven zeigt vor allem, daß die Mineralabscheidung stets im Zustande der Unterkühlung, die meist eine sehr bedeutende ist, erfolgt. Während bei den amorphen Phasen in allen Fällen eine namhafte Schmelzpunktserniedrigung unter die Schmelzpunkte der einzelnen Komponenten stattfand, zeigen bei den kristallinischen Gemengen die Schmelzkurven, die sich einer geraden Linie nähern, ein ganz anderes Verhalten und weisen keine Ähnlichkeit mit den Gläsern auf. Daß die Silikatschmelzen tatsächlich dissoziiert sind, geht nicht bloß aus den auch von mir beobachteten chemischen Umsetzungen, sondern auch aus dem Verlaufe der Schmelzkurven und vor allem aus den Untersuchungen über das NERNST'sche Lös-

Digitized by Google

lichkeitsgesetz hervor, das nach meinen Berechnungen aller Wahrscheinlichkeit nach auch für Silikatschmelzen gültig ist; dagegen lassen sich die von Vogt angegebenen Formeln für das Eutektikum, ebenso wie die Formeln Raoult's und van't Hoff's auf die Silikate aus praktischen Gründen nicht anwenden. Die Gesetze der verdünnten Lösungen können wegen der langsamen Einstellung der Gleichgewichte nur mit ganz erheblichen Modifikationen auf die Silikatschmelzen Anwendung finden und auch z. T. deshalb, weil wir die letzteren als konzentrierte Lösungen aufzufassen haben. An eine mathematische Behandlung dieser Fragen kann bei der geringen Zahl und der Ungenauigkeit der Bestimmungen vorläufig nicht gedacht werden. Es müssen zunächst die Methoden vervollkommnt und die experimentellen Daten vermehrt und verbessert werden, ehe man zur Aufstellung brauchbarer Theorien schreiten kann.

In diesem Sinne darf den von Vogt auf Silikatschmelzen übertragenen Formeln und Schemen kein anderer als ein rein theoretischer Wert beigelegt werden. Sie illustrieren den Einfluß einiger Faktoren, aber beileibe nicht aller und auch nicht immer der wichtigsten. Hierdurch erklärt es sich, weshalb das Experiment so ganz abweichende Ergebnisse liefern muß. So anregend und fördernd solche theoretische Erwägungen auf das Studium dieser Fragen wirken, vorläufig sind sie noch viel zu unvollständig, um zur Aufstellung allgemein gültiger Gesetze benützt werden zu können. —

Zum Schlusse sei mir noch gestattet, meinen hochverehrten Lehrern, Herrn Prof. Dr. C. Doelter und Herrn Privatdozenten Dr. J. A. Ippen, für die freundlichen Winke und Anleitungen, mit denen sie mich bei der vorliegenden Arbeit unterstützten, auch auf diesem Wege auf das herzlichste zu danken.

Graz, Min.-petrogr. Institut der k. k. Universität. Ostern 1906.

Digitized by Google

Mitteilungen aus dem mineralogischen Institut der Universität Kiel.

1. Beiträge zur Kenntnis des Turmalins aus Brasilien.

Von

Gustav Reimann aus Lübeck.

Mit Taf. IV—VI.

Das reiche Material an brasilianischem Turmalin, welches Herr Prof. Dr. R. Brauns in den letzten Jahren gesammelt hat, gab Veranlassung dazu, die an den Kristallen dieses Vorkommens auftretenden Formen genauer zu studieren. Die Sammlung wurde noch ergänzt durch vier einseitig ausgebildete Stücke aus dem mineralogischen Museum in Gießen, die von dem jetzigen Leiter desselben, Herrn Prof. Dr. Kaiser, in dankenswerter Weise zur Untersuchung überlassen wurden; ferner durch fünf andere Kristalle, die Herr Prof. Nies in Mainz zur Untersuchung geliehen hat.

Im ganzen standen mir etwa 160 Kristalle zur Verfügung.

Nach einer kurzen Übersicht über das, was bisher über den Brasilianer Turmalin bekannt ist, gebe ich im ersten Teil die Resultate meiner kristallographischen, im zweiten die meiner optischen Untersuchungen und im dritten Teil die über das pyroelektrische Verhalten des Brasilianer Turmalin.

Digitized by Google

Übersicht über die bisher an brasilianischem Turmalin angestellten Untersuchungen.

Die erste Abhandlung, die aus der reichen Turmalinliteratur für uns in Betracht kommt, ist die von G. Rose[1]: „Über den Zusammenhang zwischen der Form und der elektrischen Polarität der Kristalle. I. Teil: Turmalin", in welcher Rose seine pyroelektrischen Untersuchungen am Turmalin in folgenden Gesetzen zusammengefaßt hat: „Das Ende der Turmalinkristalle, an welchem die Flächen des Hauptrhomboeders (R : R = 46°54') auf die Kanten des dreiseitigen Prismas aufgesetzt sind, wird bei abnehmender Temperatur positiv, bei zunehmender Temperatur also negativ elektrisch; das Ende dagegen, an welchem die Flächen des Hauptrhomboeders auf die Flächen des dreiseitigen Prismas aufgesetzt sind, bei abnehmender Temperatur negativ, bei zunehmender also positiv elektrisch" und „daß die gerade Endfläche allein nur an dem Ende vorkommt, das bei abnehmender Temperatur negativ elektrisch wird".

Rose beschreibt in dieser Arbeit vier einseitig ausgebildete Kristalle aus Brasilien. Bei zweien war der analoge, bei den beiden anderen der antiloge Pol abgebrochen. Der eine der am antilogen Pole ausgebildeten Kristalle war eine Kombination des neunseitigen Prismas (vorherrschend ∞R und untergeordnet ∞P2, beide gestreift und etwas abgerundet) mit R, —2R und —½R. R ist nur untergeordnet und streifig parallel den Kanten mit —2R; —2R und —½R sind glatt, und zwar —2R glänzend, —½R dagegen matt. Der zweite am antilogen Pole begrenzte Kristall hat dieselben Prismenflächen, nur ist ∞P2 gegen ∞R herrschend, und zeigt als Endbegrenzung eine Kombination von R, R3 und —2R; R ist wieder parallel den Kanten mit —2R gestreift. Beide Kristalle sind blaugrün, der erste am oberen Ende lauchgrün mit verlaufendem Übergang in der Mitte. Die beiden am anderen Ende ausgebildeten Stücke bilden Kombinationen vom neunseitigen Prisma mit dem Hauptrhomboeder und sind von blaugrüner bis tiefschwarzer Färbung. Auch an ihnen sind

[1] Abh. Berl. Akad. 1836. p. 215 und Pogg. Ann. **39**. 285—320. Auch Separatabdr. 1838. p. 19.

Digitized by Google

die Prismenflächen vertikal gestreift und abgerundet. Das dreiseitige Prisma herrscht vor.

In einer sieben Jahre später in Gemeinschaft mit P. Riess[1] herausgegebenen Arbeit definiert G. Rose als den „analogen Pol" denjenigen, an welchem das algebraische Zeichen des Temperaturzuwachses dem Zeichen der dadurch erregten Elektrizität entspricht, als den „antilog elektrischen Pol" denjenigen, an welchem sich diese Zeichen widersprechen. Der analoge Pol eines Kristalls wird also bei Erwärmung positiv, bei Erkaltung negativ elektrisch.

Des Cloizeaux[2] gab in seiner 1862 erschienenen Mineralogie p. 506 folgende von ihm an Brasilianer Turmalin beobachtete Kombinationen an:

∞P2, ∞R, R3, R5.
∞P2, ∞R, R, R3, $-\frac{1}{3}$R3.
∞P2, ∞R, R, $-\frac{1}{2}$R, $-$2R, R5.
∞P2, ∞R, $-$2R, $-\frac{1}{2}$R.
∞P2, ∞R, R, $\frac{5}{2}$R, $-$2R, R5.
∞P2, ∞R, R, $-$2R, $-\frac{1}{2}$R, R3, R5.

1882 untersuchte G. Seligmann[3] etwa 50 Brasilianer Turmaline. Die dickeren Kristalle waren bei auffallendem Lichte schwarz, die kleineren im durchfallenden grün oder braun und klar durchsichtig. Alle sind nur am antilogen Pole ausgebildet, während der analoge abgebrochen ist. Seligmann hat folgende Formen beobachtet:

$-\frac{1}{4}$R, $-\frac{5}{4}$R, $-\frac{5}{2}$R, 10R, R, $-$2R, $-$5R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, R5, ∞P2, ∞R, 0R.

R ist am häufigsten vertreten und stets gestreift nach den Kombinationskanten mit $-$2R. Das Skalenoeder $-\frac{1}{2}$R3 ist fast immer rauh und nur mit Anlegegoniometer messbar. Später hat Goldschmidt[4] in seinem „Index der Kristallformen der Mineralien" 1891 an Stelle von $-\frac{5}{4}$R und $-\frac{5}{2}$R die Symbole $-\frac{9}{8}$R und $-\frac{9}{4}$R gesetzt, weil deren Indizes nur scheinbar komplizierter sind und besser mit den Messungen von Seligmann übereinstimmen. Von mir konnten solche steile, mit glänzenden Flächen ausgebildete Rhomboeder nicht mit

[1] Über die Pyroelektrizität der Mineralien. Berl. Akad. 1843. Auch Pogg. Ann. **59**. 357.

[2] Minéralogie. 1862. p. 506.

[3] Mineralogische Notizen. II. Groth's Zeitschr. **6**. 221.

[4] Index der Kristallformen der Mineralien. 1891. **3**. 243 248.

Digitized by Google

Sicherheit nachgewiesen werden, die Kristalle waren aber auch anderer Art, solche, die im auffallenden Lichte schwarz und opak aussehen, lagen mir überhaupt nicht vor.

Vier Jahre später gab H. Schedtler[1] seine nach dem Kundt'schen Bestäubungsverfahren angestellten Untersuchungen über die Stärke und Verteilung der elektrischen Erregbarkeit der Turmaline bei steigender und fallender Temperatur bekannt. Er untersuchte hierauf 20 Turmalinvarietäten verschiedener Fundorte, unter ihnen 21 Kristalle aus der Provinz Minas Geraës in Brasilien. Sie waren sämtlich am analogen Pole abgebrochen, während der antiloge mit einer Ausnahme ausgebildet war. Die Endbegrenzung wurde von den Formen R, $-2R$, $-\frac{1}{2}R3$ und bisweilen R3 gebildet. Nur die Flächen von R waren ziemlich glänzend ausgebildet, aber nach den Kanten mit $-2R$ gestreift. Die Farbe der dicken Exemplare war schwarzgrün, die der dünneren grünlich. Drei waren von einheitlich grasgrüner Färbung, die übrigen am antilogen Pole braun und undurchsichtig und wurden nach dem analogen Pole zu in zunehmendem Grade heller und durchsichtig gelblichgrün.

In demselben Jahre, 1886, suchte E. Riecke[2] in einer in Wied. Ann. **28.** p. 43 veröffentlichten Arbeit „Über die Pyroelektrizität der Turmaline" auf Grund der von Gaugain[3] 1859 gemachten Beobachtungen und eigener Versuche, die er an drei verschiedenen Turmalinen, einem von Elba, einem von Brasilien, einem von Snarum, angestellt hatte, einen mathematischen Ausdruck für den Verlauf der elektrischen Ladung bei der Abkühlung aufzustellen. Der Brasilianer Turmalin war durchsichtig und vollkommen gleichmäßig grün und hatte zylindrisch gewölbte Prismenflächen. Sein spezifisches Gewicht betrug 3,116.

Die von A. v. Karnojitzky[4] 1890 publizierte Schrift: „Kristallographische und kristalloptische Studien am Tur-

[1] Experimentelle Untersuchungen über das elektrische Verhalten des Turmalins. Dies. Jahrb. 1886. Beil.-Bd. IV. p. 565–569.

[2] Über die Pyroelektrizität der Turmaline. Wiedemann's Ann. **28.** 43.

[3] Ann. chim. phys. 1859. 57. 5.

[4] Kristallographisch-optische Studien am Turmalin. Verh. d. k. russ. min. Ges. 1891. (2.) **27.** 209–288.

Digitized by Google

malin", enthält eine ausführliche Beschreibung der an mehr als 40 parallel und senkrecht zur Hauptachse geschnittenen Präparaten rotgelber Kristalle von Sarapulka und bräunlichgrüner von Brasilien wahrgenommenen optischen Anomalien in konvergentem und parallelem Lichte.

Anfang der neunziger Jahre führte ZIMANYI[1] mit einem durch KRENNER umgestalteten KOHLRAUSCH'schen Totalreflektometer eine Bestimmung der Hauptbrechungsexponenten der wichtigeren gesteinsbildenden Mineralien bei Na-Licht aus. Ein dunkelgrüner, wahrscheinlich aus Brasilien stammender Kristall ergab als Mittel aus fünf resp. sechs Beobachtungen:

$$\left.\begin{array}{l}\omega = 1{,}6424\\ \varepsilon = 1{,}6222\end{array}\right\} \omega - \varepsilon = 0{,}0202.$$

In demselben Jahre erschien der erste Teil von A. D'ACHIARDI's[2] großer Arbeit über den Elbaner Turmalin, die viele wichtige physikalische und kristallographische Beobachtungen enthält.

Im Jahre 1900 kamen zwei bedeutende Abhandlungen heraus. Die erste ist E. A. WÜLFING's[3] Festschrift „Über einige kristallographische Konstanten des Turmalins und ihre Abhängigkeit von seiner chemischen Zusammensetzung". WÜLFING untersuchte zunächst 12 lose Brasilianer Kristalle von reinstem Material und tiefgrüner Färbung. Von ihnen eigneten sich sechs zu Fundamentalmessungen. Als wohlentwickelte Endungen des antilogen Poles zeigten sie nur das Hauptrhomboeder und die Basis, als Prismenflächen ∞R und $\infty P2$, die vertikal gestreift, gekrümmt und deswegen nicht meßbar waren. Die Messung der Rhomboederflächen ergab den Fundamentalwinkel

$$R : R = (10\bar{1}1) : (\bar{1}101) = 46^\circ 53' \pm 2',$$

woraus sich das folgende Achsenverhältnis berechnet:

$$a : c = 1 : 0{,}4479 \pm 0{,}0004.$$

[1] Die Hauptbrechungsexponenten der wichtigeren gesteinsbildenden Mineralien bei Na-Licht. GROTH's Zeitschr. **22**. 321—358.

[2] Le tormaline del Granito Elbano. Pisa. Parte prima. 1893. Atti della Soc. Tosc. di Scienze Naturali. Memorie. **13**. Auch Separatabdr. p. 1—95. Parte seconda. 1896. Ebenda. **15**. Auch Separatabdr. p. 1—71. — Osservazioni sulle tormaline dell' Isola del Giglio. Pisa 1897. Annali della Università toscana. **22**. 66—79. Auch Separatabdr. 1—16.

[3] Programm zur 82. Jahresfeier der k. württemb. Landwirtschaftl. Akademie Hohenheim. Ausgegeben am 20. November 1900. Stuttgart.

Digitized by Google

Daneben hatten drei sehr schön entwickelte kurzprismatische und bläulichgrüne Kristalle folgende Formen am antilogen Ende ausgebildet: R, —2R, R3 und —2R2. Die Messungen an diesen Kristallen gaben die Mittelwerte:

R : R3 = 29° 1′ R3 : R3 = 30° 40′
R : —2R = 38 31 —2R : —2R2 = 19 22

Alsdann wendet sich Wülfing zur Bestimmung der optischen Konstanten der nach ihrer Färbung in folgende Gruppen gesonderten Turmaline:

Brasilien A: Rosa-Kern eines von grüner Schale umhüllten Kristalls.
„ B: die grüne Schale von A.
Barrado Perahy in Brasilien: hellgrün.
Brasilien C: in 2—3 mm dicken Platten grasgrün.
„ tiefgrün: etwas dunkler als C gefärbt.
„ D: blauschwarz oder grünschwarz.

Der an ihnen auftretende Pleochroismus war für B und Barr. Per. parallel der c-Achse aquamarinblau und senkrecht dazu gelblichgrün, bei C und dem tiefgrünen in gleichen Richtungen grün mit schwach bläulichem Anklang und gelblichbraun, schließlich für D blaßrötlichviolett (undeutlich) und dunkelhimmelblau. Die Hauptbrechungsexponenten für Na-Licht beliefen sich bei den einzelnen Farbenvarietäten im Mittel auf:

	ε	ω	$\omega - \varepsilon$
A	1,6199	1,6371	0,0172
B	1,6208	1,6399	0,0191
Barrado Perahy .	1,6222	1,6416	0,0194
C	1,6212	1,6407	0,0195
tiefgrün	1,6257	1,6468	0,0211
D	1,6328	1,6618	0,0290

Spezifische Gewichtsbestimmungen wurden vermittelst der Suspensionsmethode mit Jodmethylen und Benzol ausgeführt und führten auf folgende Resultate:

der rote Teil von A . .	3,007
„ grüne „ „ B . .	3,063
Barrado Perahy	3,073 — 3,079
Brasilien C	3,081 — 3,082
„ tiefgrün	3,133 ± 0,003
„ D	3,200 — 3,210

Die zweite der im Jahre 1900 erschienenen großen Arbeiten sind v. Worobieff's[1] kristallographische Studien über Tur-

[1] Kristallographische Studien über Turmalin von Ceylon und einigen anderen Vorkommen. Groth's Zeitschr. **33**. 263—454. (Turmalin von Brasilien p. 429.)

Digitized by Google

malin von Ceylon, wohl die umfangreichste und bedeutendste aller bisher über dieses Mineral veröffentlichten Monographien, in der zugleich die Literatur sehr vollständig angegeben ist. v. Worobieff gibt anhangsweise seine Vergleichsbeobachtungen an Turmalinen einiger anderer Vorkommen, unter ihnen diejenigen an Turmalin aus Brasilien. Die von ihm an Brasilianer Turmalin beobachteten Kombinationen sind:

10R, −2R, −5R, R3, R5, $-\frac{1}{2}$R3, −2R2 . ∞P2 . ∞R.
$-\frac{1}{2}$R3, R3, R5, R.
$-\frac{1}{2}$R3, R.
$-\frac{1}{2}$R, −2R, R.

Sie gleichen denen, die schon Seligmann beschrieben hat. Stets ist nur ein Ende ausgebildet, während das andere abgebrochen ist. An zwei Kristallen aus der Staatssammlung in München herrscht am analogen Pol die gerade Endfläche vor, zu der untergeordnet R′ tritt. In der Prismenzone zeigen die Kristalle ∞R und ∞P2 stets stark vertikal gestreift. Die Färbung ist entweder grasgrün oder grün mit einem Stich ins Gelbe, Braune oder Bläuliche.

Den an farbigem Brasilianer Turmalin besonders hervortretenden Dichroismus hat R. Brauns in seinem 1903 erschienenen Werke „Das Mineralreich“ beschrieben. Die Beobachtungen sind z. T. an demselben Material ausgeführt, das auch mir zur Verfügung stand, und so vollständig, daß nichts Bemerkenswertes hinzuzufügen war. Die Resultate sind in folgender Tabelle zusammengestellt:

Farbe des Kristalls	des ordentl. Strahls	des außerord. Str.
farblos, 1 cm dick	farblos	farblos
hellgrün, fast farblos, c. 1 cm dick	hellgelblichgrün	hell wasserblau
grün, 2—3 mm dick	grünlichgelb bis pistaziengrün	wasserblau bis hellgrün
grün, 6 mm dick	braun bis schwarz	grün
blaugrün, 3 mm dick	bläulichgrün	wasserblau bis farblos
dunkelblaugrün, 3 mm dick	dunkelblaugrün, fast schwarz	blaugrün
blau, 5 mm dick	blaugrün	hellblau
zartrosa, 5 mm dick	rosa	farblos
zartrosa, 1 cm dick	violettrosa	rosa ins Gelbliche
dunkelviolettrot, 7 mm dick	rotviolett	zartrosa.

Digitized by Google

Das untersuchte Material und die daran gemachten Beobachtungen.

1. Die kristallographischen Untersuchungen.

Sämtliche 160 Kristalle, die mir zur Verfügung standen, sind von prismatischem Habitus. Nur an dreien waren beide Enden ausgebildet, bei allen übrigen entweder der analoge oder der antiloge Pol abgebrochen, mitunter auch beide. Die Prismenflächen sind mit seltener Ausnahme vertikal gestreift und tragen bisweilen tiefe, mit gelblicher oder rötlicher Masse angefüllte Furchen. Häufig sind sie zylindrisch gewölbt, so daß auch hierdurch eine Messung der Winkelwerte unmöglich wurde.

Die Färbung des Brasilianer Turmalins ist sehr wechselnd, von hellgelblichgrün bis dunkelgrün und tiefschwarzgrün, von rosa- bis bordeauxrot, von grünlichblau bis zum reinsten himmelblau. Auch gehören Übergänge von einer Färbung zur anderen innerhalb eines und desselben Exemplars durchaus nicht zu den Seltenheiten. Sie treten besonders regelmäßig bei solchen Kristallen auf, die eine einfache Endbegrenzung zeigen, sei es nun R oder $-2R$ am antilogen, oder 0R mit R′ am analogen Pole. So gibt es Farbenwechsel von gelblichgrüner Hülle mit rosa Kern bis zu einheitlichem Smaragdgrün; von dunkelblaugrün in allmählichen Abstufungen bis tiefrot; von durchsichtig rosa bis asbestartig weißgrün; von weinrot bis schwachrötlich fast farblos; von dunkelrot bis schwach bläulichgrün mit allen dazwischen liegenden Nuancen; von lichtgelblichbraun über zartrosenrot und bläulichgrün bis tieftintenblau etc. Auch Umwachsungen verschiedenfarbiger Schichten kommen vor und treten an basalen Schnitten deutlich zutage. Ganz farblose Kristalle sind mir nicht begegnet, stets zeigen sie einen Anflug von gelblichgrün, rosa, bläulichgrün etc. Der Brasilianer Turmalin ist durch sein prachtvoll reines Material ausgezeichnet; nur selten beherbergt er fremde Substanz. Ein einziger Kristall (No. 113) war mit Bergkristall verwachsen, derartig, daß er von Bergkristall wie von einem Ring umschlossen, an beiden Enden aber frei war; das eine war abgebrochen, das andere von glänzenden Flächen begrenzt. Solche Stufen kommen selten

Digitized by Google

in den Handel, da das Material schon in Brasilien ausgelesen wird.

Im folgenden werde ich eine ausführliche Beschreibung der einzelnen Kristalle geben und die Resultate der an ihnen vorgenommenen Messungen mitteilen.

Es wurden im ganzen die nachstehenden Flächen beobachtet:

In der Prismenzone:

Signatur	Naumann	Bravais
s	∞P2	$11\bar{2}0$
l	∞R	$10\bar{1}0$

und als nicht ganz sicher:

$\infty P\frac{12}{10}$, $\infty P\frac{9}{8}$, $\infty P\frac{8}{7}$, $\infty P\frac{10}{9}$, $\infty P\frac{8}{7}$, $\infty P\frac{7}{6}$, $\infty P\frac{4}{3}$, $\infty P\frac{13}{10}$, $\infty P\frac{9}{7}$, $\infty P\frac{14}{11}$, $\infty P\frac{5}{4}$, $\infty P\frac{13}{11}$, $\infty P\frac{7}{6}$, $\infty P\frac{11}{10}$, $\infty P\frac{48}{40}$, $\infty P\frac{10}{15}$, $\infty P\frac{31}{30}$.

Am antilogen Pole:

Signatur	Naumann	Bravais
k	0R	0001
r	4R	$40\bar{4}1$
R	R	$10\bar{1}1$
o	— 2R	$20\bar{2}1$
θ	$-\frac{7}{2}$R	$70\bar{7}2$
t	R3	$21\bar{3}1$
n	R5	$32\bar{5}1$
x	$-\frac{1}{2}$R3	$21\bar{3}2$
v	— 2R2	$31\bar{4}1$

Am analogen Pole:

Signatur	Naumann	Bravais
R'	R	$\bar{1}01\bar{1}$
k'	0R	0001

R ist für Brasilianer Turmalin bei weitem die häufigste Form; an 127 Kristallen war sie ausgebildet. Dies gilt auch für die von G. Seligmann untersuchten Kristalle, an denen allen, mit Ausnahme eines einzigen, R vorhanden war. — 2R war an 57, $-\frac{1}{2}$R3 an 55 Kristallen vertreten. Außerdem steile Rhomboeder mit nicht sicher bestimmbarer Position. Das Skalenoeder R3 kam an 48 Exemplaren vor, das Rhomboeder $-\frac{7}{2}$R an 38. 36mal war die gerade Endfläche entwickelt, an 25 Kristallen das Skalenoeder — 2R2. Die anderen Formen sind nur höchst selten, R5 unter ihnen noch am häufigsten (an 6 Kristallen) ausgebildet. $-\frac{1}{2}$R und

Digitized by Google

$-\frac{3}{4}$R sind mit Sicherheit überhaupt nicht zu konstatieren, 4R erscheint nur an einem Kristall mit deutlich entwickelten Flächen, an zwei anderen kaum angedeutet. Alle diese Formen werden von anderen Forschern, welche Brasilianer Turmalin untersucht haben, genannt, dagegen konnten die Formen

$\frac{5}{2}$R, 10R, $-\frac{1}{2}$R, $-\frac{5}{4}$R, $-\frac{1}{4}^{5}$R, $-\frac{3}{2}$R, -5R,

die Des Cloizeaux und Seligmann gefunden haben, von mir nicht nachgewiesen werden.

Die Formen treten in folgender Weise zu Kombinationen zusammen:

Am analogen Pole:

0R. 0R, R'.

Am antilogen Pole:

R. R, 0R. R, -2R, 0R. R, -2R. R. $-\frac{1}{2}$R3. R, $-\frac{1}{2}$R3, R3. R, $-\frac{1}{2}$R3, -2R. R, R3. R, 0R, R3. -2R, R3. R, -2R, R3. R, -2R, R5. R, -2R, R3, -2R2. R, -2R, R3, -2R2, 4R. R, -2R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, -2R2. R, -2R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, -2R2, R5, 4R. R, -2R, R3, $-\frac{1}{2}$R, 0R. R, -2R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, -2R2, 0R. $-\frac{3}{2}$R. $-\frac{3}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3. $-\frac{3}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R. $-\frac{3}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R, -2R. $-\frac{3}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R, -2R, R3. $-\frac{3}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R, -2R, R3, -2R2. $-\frac{3}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R, -2R, R3, R5, -2R2.

Die Häufigkeit der einzelnen Kombinationen ist aus nachfolgender Zusammenstellung zu ersehen:

A. Drei Kristalle sind beiderseits ausgebildet, und zwar mit 0R, R, R3; R, $-\frac{1}{2}$R3, $-\frac{3}{2}$R und R, 0R am antilogen Pole und mit 0R und unbestimmbaren Flächen und 0R, R' am analogen Pole.

B. Einseitig ausgebildete Kristalle.

I. Das ausgebildete Ende ist der analoge Pol. 18 Kristalle mit meist glänzender Basis, zu der bei 6 Kristallen ganz untergeordnet, aber glänzend ausgebildet R' tritt.

II. Das ausgebildete Ende ist der antiloge Pol.

1. 12 Kristalle zeigen als Endbegrenzung das Hauptrhomboeder mit glänzenden oder matten Flächen, deren Spitze durch eine kleine, rauhe Basis abgestumpft wird.

43 weitere Individuen werden vom Hauptrhomboeder begrenzt, zu dessen Flächen mitunter äußerst kleine, aber stark glänzende von -2R sich gesellen.

Digitized by Google

2. — 2R gewinnt an Ausdehnung und übertrifft schließlich R an Größe seiner Flächen. Es sind hier 8 Kristalle aufgezählt, die von den folgenden Formen am antilogen Pol begrenzt werden:

   R, — 2R dreimal
   R, — 2R, 0R
   R, — 2R, R3
   R, — 2R, R5
   R, R3 und — 2R, R3.

3. An 38 Kristallen ist $-\frac{7}{2}$R ausgebildet und zwar an zweien als alleinige Endform. 5 Kristalle besitzen außerdem noch ganz klein entwickelt Flächen des Skalenoeders $-\frac{1}{2}$R3, zu denen bei zwei weiteren ganz untergeordnet R3 tritt. Diese 9 Kristalle sind hellgrün gefärbt, z. T. mit bläulichem Anflug.

   Bei den übrigen 29 Individuen ist neben $-\frac{7}{2}$R die eine oder andere Form deutlich entwickelt, oder es treten mehrere zu Kombinationen zusammen. Die Farbe der Kristalle wird dunkelgrün mit schmalen, schichtenförmigen, pistaziengrünen Partien in der Nähe des ausgebildeten Endes. Nur zwei Kristalle sind bläulichgrün. Sie bilden die Kombination $-\frac{7}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R, R3.

   18mal ist neben $-\frac{7}{2}$R das Skalenoeder $-\frac{1}{2}$R3 stärker entwickelt, doch stets so, daß $-\frac{7}{2}$R der Träger der Kombination bleibt. Die Endflächen des antilogen Poles treten zu folgenden Kombinationen zusammen:

   $-\frac{7}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R viermal
   $-\frac{7}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R, — 2R neunmal
   $-\frac{7}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R, R3 einmal
   $-\frac{7}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, — 2R, R3 einmal
   $-\frac{7}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, — 2R, R, R3 dreimal
   $-\frac{7}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, — 2R, R, R3, — 2R2 dreimal.

   Erst an den acht folgenden Exemplaren tritt $-\frac{7}{2}$R mehr zurück und hört auf, Träger der Kombination zu sein. Es werden von ihnen folgende Kombinationen gebildet:

   R3, $-\frac{1}{2}$R3, $-\frac{7}{2}$R und R3, $-\frac{1}{2}$R3, R, $-\frac{7}{2}$R

Digitized by Google

an je einem Kristall, die beide grasgrün gefärbt sind und bläulichen Anflug haben.

Die übrigen 6 Kristalle sind bräunlichgrüne Turmaline, die die Formenkombination R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, $-$2R2, $-\frac{7}{2}$R gemeinsam haben. Bei einem tritt keine weitere Form hinzu, bei dreien das Rhomboeder $-$2R, bei den zwei letzten überdies noch das Skalenoeder R5.

4. Die übrigen Kristalle besitzen $-\frac{7}{2}$R gar nicht. An 13 unter ihnen ist $-\frac{1}{2}$R3 Hauptform. Sie sind sämtlich dunkelgrün und nach ihren Kombinationen folgendermaßen zusammenzustellen:

   R, $-\frac{1}{2}$R3 an zwei Kristallen.
   R, $-\frac{1}{2}$R3, R3 an vier Kristallen. Nur je einmal:
   R, $-\frac{1}{2}$R3, $-$2R und R, $-\frac{1}{2}$R3, $-$2R, R3.
   R, $-\frac{1}{2}$R3, $-$2R, R3, $-$2R2 an drei Kristallen und
   R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, $-$2R2 an einem Kristall.

   Außerdem gehört in diese Gruppe noch ein Kristall mit nicht bestimmbaren Endformen.

5. An fünf weiteren braungrün bis blaugrün gefärbten Turmalinen tritt $-\frac{1}{2}$R3 mehr zurück. Vier von ihnen bilden die Kombination: R, $-$2R, R3, $-\frac{1}{2}$R3, $-$2R2, R5, an dem fünften sind R, $-$2R, R3, $-\frac{1}{2}$R3 und $-$2R2 ebenfalls entwickelt, zusammen mit einer ziemlich ausgedehnten, rauhen Basis. Dieser letzte Kristall unterscheidet sich durch hellere Färbung von den übrigen der Gruppe.

6. Es fehlen sowohl $-\frac{7}{2}$R als auch $-\frac{1}{2}$R3 ganz an elf blaugrünen Exemplaren, die in folgende Untergruppen sich reihen lassen:

   R, $-$2R, R3 an zwei Kristallen
   R, $-$2R, R3, $-$2R2 siebenmal
   R, $-$2R, R3, $-$2R2, 4R einmal
   R, $-$2R, R3 mit schmalem, rauhem $-\frac{1}{2}$R und 0R an einem Kristall.

C. Sieben beiderseits abgebrochene Prismenstücke.

In der jetzt folgenden Darstellung werden die Kristalle in derselben Reihenfolge behandelt werden, wie sie in der voraufgehenden Gruppierung aufgezählt sind.

Digitized by Google

A. Beiderseits ausgebildete Kristalle.

Von den untersuchten 160 Kristallen waren nur drei an beiden Enden von Flächen begrenzt; zwei davon waren mit dem analogen Pol, der dritte mit dem antilogen Pol aufgewachsen gewesen, aber so, daß sich neben der Anwachsstelle doch noch Flächen bilden konnten. Es sind mehrfarbige Kristalle.

No. 1 (Taf. IV Fig. 2) ist am antilogen Pole lichtgrün gefärbt, in der Mitte zart rosenrot und klar durchsichtig, am analogen Pol trüb blaugrau. Am antilogen Pole sind die Basis, das Hauptrhomboeder und das Skalenoeder R3 ausgebildet. Die Basis ist matt, die drei sie an Ausdehnung übertreffenden Rhomboederflächen schwach glänzend und nicht ganz eben, weshalb ihre Reflexbilder zerstreut und schlecht einstellbar sind. Die Flächen von R3 sind matt und schlecht ausgebildet, aber immerhin doch noch meßbar. Am analogen Pole herrscht die Basis vor. Sie ist rauh, matt und ohne jeden Reflex. Außerdem treten am Rande zwei kleine Flächen auf, die die Lage eines Rhomboeders haben, von denen aber nur eine spiegelte, eine Bestimmung ihrer Position war daher nicht möglich. Die Prismenflächen sind vertikal gestreift. Das sechsseitige Prisma $\infty P2$ herrscht vor, zu dem eine Fläche des negativen dreiseitigen Prismas ∞R stärker ausgebildet hinzutritt. Bei der Messung ergaben sich folgende Winkel:

Am antilogen Pol:

$$R : R = 46^\circ 47' \text{ und } 47^\circ 32'.$$
$$R : R3 = 28^\circ 59'\ 28^\circ 55'\ 28^\circ 48'.$$

No. 2 (Taf. IV Fig. 4) ist kurz prismatisch. Die Färbung wechselt von klar durchsichtigem Weinrot mit hellerer Streifung parallel zu den Rhomboederflächen am antilogen Pol bis zu Trübrosa am analogen Pol. Er ist am analogen Pole mit glänzenden, am antilogen Pole mit matten Flächen ausgebildet, und zwar sind an beiden Enden die Formen 0R und R entwickelt, nur tritt am antilogen Pol 0R gegen R zurück, am analogen umgekehrt R gegen 0R. Der Kristall war mit dem analogen Pole aufgewachsen und hier befindet sich eine tiefe, scharfkantige Einkerbung, wohl durch einen Kristall verursacht, mit dem er verwachsen war. Die Prismen-

Digitized by Google

flächen sind vertikal gestreift und gekrümmt. Es wurde gemessen:

Am analogen Pol:

$$R : 0R = 27°40'.$$

Kristall No. 3 (Taf. V Fig. 10) ist am antilogen Pole, mit dem er aufgewachsen war, lichtgrün bis schwach gelbgrün und äußerst klar durchsichtig, am analogen Pole im Bezirk der Endflächen etwas dunkler grün. Am analogen Pole des Kristalls sind R, $-\frac{1}{2}R3$ und $-\frac{7}{2}R$ ausgebildet. Das Hauptrhomboeder herrscht vor. Über die Mitte der größten Fläche verläuft eine zarte Linie, so daß hier ein sehr flaches, dem Rhomboeder vizinales Skalenoeder vorliegt, dessen Flächen einen Winkel von 40—50′ miteinander bilden. Die beiden anderen Rhomboederflächen sind in derselben Richtung mehrfach geknickt und hierdurch gestreift. Neben dem Hauptrhomboeder tritt das glänzende und mit allen Flächen ausgebildete Skalenoeder $-\frac{1}{2}R3$ stark zurück, doch sind die von ihm gewonnenen Reflexbilder sämtlich gut meßbar. $-\frac{7}{2}R$ ist ebenfalls untergeordnet und seine Flächen nur von matter Beschaffenheit. Am analogen Pole sind kleine, schmale, stark glänzende Flächen vorhanden, die treppenförmig aufgebaut in z. T. verbrochenen Partien der Prismenflächen lagern, nicht meßbar sind und wahrscheinlich dem Rhomboeder R angehören. In der Prismenzone ist der Kristall von $\infty P2$ und ∞R begrenzt, die Flächen sind eben, glänzend und kaum merkbar gestreift. Sie geben daher ausgezeichnete Reflexe. Bei der Messung ergab sich:

Am antilogen Pole:

$R : -\frac{1}{2}R3 = 21°13'\ \ 21°19'\ \ 21°28'\ \ 21°29'\ \ 21°26'\ \ 21°28'.$

$R : R = 46°27'$ zwei in einer Kante zusammenstoßende Teile der R-Flächen, und

$R : R = 47°24'$ für die beiden äußersten Teile der Rhomboederflächen.

Die beiden Teile jeder Rhomboederfläche bildeten die Winkel 55′, 41′, 42′.

$-\frac{7}{2}R : -\frac{1}{2}R3 = 29°48'.$

$-\frac{1}{2}R3 : -\frac{1}{2}R3 = 43\ 27\ \ 43°38'\ \ 43°36'.$

$-\frac{1}{2}R3 : \infty P2 = 68\ 12\ \ 68\ 13\ \ 68\ 10\ \ 68°21'\ \ 68°12'\ \ 68°11'.$

In der Prismenzone wurden die Winkel gemessen:

60°0′ 30°0′ 30°0′ 60°0′ 30°0′ 30°0′ 60°0′ 30°0′ 30°0′.

Digitized by Google

B. Einseitig ausgebildete Kristalle.

I. Das ausgebildete Ende ist der analoge Pol.

Es lagen im ganzen 17 Kristalle vor, an denen das beim Erkalten elektrisch negativ werdende Ende, also der analoge Pol ausgebildet ist, und die am antilogen Pol abgebrochen sind. Stets herrscht unter den Endflächen die Basis vor, bei 10 Kristallen bildet sie die alleinige Begrenzungsfläche. An sechs anderen tritt ganz untergeordnet R hinzu, das nur in einem Falle größere Dimensionen annimmt. Die kleinen R-Flächen sind fast immer stark glänzend und lassen sich vorzüglich messen. Die gerade Endfläche ist glänzend oder rauh ausgebildet, und ihre Reflexbilder stets durch Wachstumserscheinungen gestört. Die Färbung der Kristalle ist sehr mannigfach, einheitlich grasgrün, blaugrün oder blau, rot oder mehrfarbig. Sie sind im folgenden in der Weise aufgezählt, daß zuerst die nur von der Basis begrenzten beschrieben und diese nach ihrer Farbe geordnet werden.

10 Kristalle mit 0R am analogen Pole.

No. 4 und 5 sind zwei von stark glänzender, nicht ganz ebener Basis begrenzte Kristalle von grasgrüner Färbung, klar durchsichtig und nur von einigen, senkrecht zur Hauptachse verlaufenden Spaltrissen durchzogen. Die Prismenflächen sind wenig glänzend, vertikal gestreift und stellenweise abgerundet. Es herrscht an beiden das Prisma ∞P2 vor.

No. 6 ist ein fast 3 cm langer und $1\frac{1}{2}$ cm dicker Kristall, dessen tiefblaugrüne Färbung nach der Mitte zu in ein reines Dunkelblau übergeht. Es ist nicht sehr klar durchsichtig, doch frei von Rissen. Seine Basis ist matt ausgebildet, ebenso wie bei No. 7, dessen gerade Endfläche mit einer dünnen weißlichen Schicht bedeckt und hierdurch matt erscheint; er ist von einheitlich blauer Färbung, nur trüb durchsichtig und rissig parallel zur Basis. Die Prismenflächen der beiden letzten Kristalle sind vertikal gestreift und stark abgerundet, weshalb eine Messung ausgeschlossen war. No. 7 trägt dünne Nebensäulchen, die nicht die ganze Länge des Hauptkristalls erreichen und von denen die eine nicht parallel zur Hauptrichtung verläuft. Der Querschnitt durch die Prismen des

Digitized by Google

blauen Turmalins war dreiseitig, bei den übrigen unregelmäßig sechseckig.

Die folgenden, nur von der geraden Endfläche begrenzten Individuen sind mehrfarbig. Vier unter ihnen besitzen eine glänzende, wenn auch nicht ganz ebene Basis, bei zweien ist sie matt.

Beim Kristall No. 8 war am abgebrochenen antilogen Ende ein roter Kern von hellgrüner Hülle umgeben. Es ist aus diesem Teil des Kristalls zur optischen Untersuchung eine planparallele Platte senkrecht zur Hauptachse geschnitten worden. Am ausgebildeten Pole wird er wenige Millimeter vor der Basis tiefrot mit einem helleren, schmalen, parallel zur Basis verlaufenden Streifen. Die Mitte des Kristalls ist von sehr hellgrüner Färbung und wie das rote Gebiet des analogen Poles klar durchsichtig, während er nach dem abgebrochenen Ende zu trübe wird. Unter den Prismenflächen herrscht $\infty P2$ vor und gibt dem Kristall sechsseitigen Habitus.

No. 9 ist am abgebrochenen Ende hellbläulichgrün. In der Mitte verlaufen in fast farbloser Grundmasse senkrecht zur Hauptachse rote schmale Schichten. Am analogen Pol ist der Kristall trübrosa, auf den Prismenflächen stellenweise bräunlichgelb gefärbt. Beim Glühen des Kristalls ging das Trübrosa in eine schmutzig gelbweiße Färbung über, die sich auch nach dem Erkalten noch hielt; die anderen Färbungen dieses Kristalls zeigten sich gegen Erhitzen beständiger. Die Prismen sind stark gestreift und nicht meßbar.

Bei dem dritten mehrfarbigen Kristall No. 10 ist das abgebrochene Ende im Kern zartgrün, in der Hülle rosa, das ausgebildete Ende violettrosa gefärbt mit einem ca. 1 mm breiten, fast farblosen Streifen parallel zur Basis. Die Prismenflächen sind stark vertikal gestreift.

No. 11 ist wie No. 10 kurz prismatisch, am abgebrochenen Ende grünlichbraun, am ausgebildeten in nur schmaler Schicht dunkelrot mit hellerer Streifung. Unter den Prismenflächen, die gestreift und stellenweise verzerrt sind, herrscht $\infty P2$ vor.

No. 12 zeigt ebenfalls vom aufgewachsenen bis zum freien Ende verschiedene Färbung. Es ist ein 35 mm langer und 20 resp. 9 mm breiter Kristall, der am analogen Pole von nur matt glänzender Basis begrenzt wird. Er zeigt am ab-

Digitized by Google

gebrochenen, antilogen Ende dunkelblaugrüne, am analogen Pol dagegen rote Färbung. Die Mitte des Kristalls baut sich auf aus hellgrünen, parallel zur Basis gerichteten Schichten in lichterer Grundmasse. Er ist frei von Sprüngen und in den heller gefärbten Teilen sehr klar durchsichtig. Seine Prismenflächen tragen tiefe Furchen und sind teils konvex, teils konkav gekrümmt. Es herrscht unter ihnen ∞P2 vor.

Der letzte dieser mehrfarbigen und nur von der Basis begrenzten Kristalle, der 42 mm lang und 30 mm dick ist, zeigt die bekannte Umwachsung eines roten Kernkristalls von grüner Hülle; der rote Kernkristall befindet sich am abgebrochenen antilogen Pol und erstreckt sich etwa 1 cm ins Innere. Von da ab ist der Kristall klar dunkelgrün durchsichtig. Die Grenze des roten Kerns wird außen durch einen unregelmäßigen Riß markiert, der rings um den ganzen Kristall zu verfolgen ist. Die Basis ist matt und stellenweise von einer weißlichen Schicht zart überzogen. Die Prismenflächen sind glänzend, stark gestreift und durch das Vorherrschen von + ∞R im Querschnitt dreiseitig.

6 Kristalle mit vorherrschender Basis und R am analogen Pol.

An 6 Kristallen war neben der herrschenden Basis mit stets glänzenden Flächen das Hauptrhomboeder am analogen Pol vertreten, doch erreichte es nur in einem Falle größere Ausdehnung, während es bei den übrigen Kristallen ganz untergeordnet blieb.

Drei Kristalle (No. 14—16) waren von grasgrüner einheitlicher Färbung, klar durchsichtig und ziemlich frei von Sprüngen. Die Beschaffenheit der Basis war bei allen dreien glänzend, aber nicht ganz eben. Die Prismenflächen waren nur an No. 15 meßbar. Durch das Vorherrschen des Prismas ∞P2 erhalten die Kristalle sechsseitigen Habitus. Es wurde gemessen am Kristall No. 14:

$$R : 0R = 27^\circ 19'$$

am Kristall No. 15:

$$R : 0R = 27^\circ 16'$$

und außerdem in der Prismenzone die Winkel:

65° 51′, 39° 19′, 23° 41′, 77° 12′, 19° 8′, 20° 19′, 68° 0′, 8° 11′. 20° 19′,

Digitized by Google

welche den Flächen:

$\infty P2 : \infty P\frac{7}{10} : \infty P\frac{18}{13} : \infty P\frac{8}{5} : \infty P\frac{14}{13} : \infty P\frac{18}{13} : \infty P\frac{17}{10} : \infty P\frac{7}{5} : \infty P\frac{31}{30} : \infty P\frac{13}{12} : \infty P2$

entsprechen würden; am Kristall No. 16:

$$R : 0R = 27^\circ 22' \quad 27^\circ 30'$$

No. 17 und 18 sind ebenfalls am analogen Pole von glänzender Basis und kleinen schmalen, glänzenden R-Flächen begrenzt. No. 17 hat einen Durchmesser von 28 mm und eine Länge von 25 cmm. No. 18 ist nur wenig kleiner. Beide Kristalle sind am abgebrochenen Ende rosafarben und durchsichtig, am anlogen Pol weißgrün und auf den Prismenflächen seidenartig glänzend. Der Wechsel beider Färbungen ist sehr plötzlich und die Grenze verläuft in ungefähr 1 cm Entfernung von der Basis parallel zu ihr. Über der seidenartig glänzenden, völlig trüben Schicht lagert eine kaum einen halben Millimeter dicke, durchsichtig hellgrüne. Bei durchfallendem Lichte in der Richtung der Hauptachse erscheinen auf der Basis in grünlichem Untergrunde rundliche große Flecken in der Farbe des abgebrochenen Endes. Die seidenartig grünlichweiße Ablagerung erstreckt sich demnach nur auf die peripheren Teile der Kristalle und umschließen einen Kernkristall von der rosenroten Färbung des abgebrochenen Endes. Auch die grüne Schicht am analogen Pol kann in der Mitte des Kristalls nur recht dünn sein. An die Prismenflächen des Kristalls No. 17 sind zwei kleinere Individuen angewachsen, an deren analogem Pole ebenfalls 0R und R deutlich entwickelt zu erkennen sind. Die Prismenflächen beider Hauptkristalle sind stark abgerundet und vertikal gestreift. Der Querschnitt durch sie ist dreiseitig. Es wurde gemessen an Kristall No. 17:

$$R : 0R = 27^\circ 32' \quad 27^\circ 12' \quad 27^\circ 14'$$

Der einzige Kristall, an dem die Rhomboederflächen am analogen Pol größere Ausdehnung erlangen, ist ein pistaziengrüner Turmalin, der frei von Rissen und klar durchsichtig ist. Die Basis ist nicht ganz eben und mit Grübchen versehen, die sich mit roter Masse angefüllt haben. Die Rhomboederflächen sind ebenfalls nicht ganz eben und besonders an den Kanten nach den Prismenflächen zerstoßen und abgerollt. Die Prismenflächen selbst sind wegen starker verti-

Digitized by Google

kaler Streifung nicht zu messen. Auf ihnen hat sich innerhalb einer tieferen Furche gelbrote Masse abgelagert. Die gemessenen Winkelwerte sind wegen der zahlreichen Nebenreflexe nur wenig zuverlässig; es wurde gefunden:

$$0R: \quad R = 26°41' \quad 27°12'$$
$$R : \infty R = 62\ 39'$$

An der großen Mehrzahl der Kristalle, an 130 von 160, war nur der antiloge Pol ausgebildet, während der analoge abgebrochen war.

II. Das ausgebildete Ende ist der antiloge Pol.

1. R ist die Hauptform. (No. 20—74.)

Es liegen 55 Kristalle vor, deren antiloger Pol als Hauptform das Rhomboeder R trägt. Häufig ist die Spitze der drei Rhomboederflächen durch eine kleine Basis gerade abgestumpft, mitunter tritt mit winzigen aber stark glänzenden Flächen das nächst spitzere Rhomboeder — 2R hinzu. Nach ihrer Färbung lassen sich die Kristalle in drei Gruppen ordnen.

In die erste gehören dicke, kurzprismatische, dunkelgrüne Kristalle mit dunklerem Kopfe und ein tiefblauer Kristall, in die zweite am ausgebildeten Ende bordeauxrot, nach dem abgebrochenen Ende zu heller gefärbte Kristalle, und in die dritte Gruppe endlich die langprismatischen, mehrfarbigen Turmaline.

Aus der ersten Gruppe befanden sich 13 Exemplare in der Sammlung. Sie sind ziemlich frei von Sprüngen, wegen der dunklen Färbung aber fast undurchsichtig. Wenn man sie jedoch dicht vor das Auge hält, so erscheinen sie mit dunkelgrüner Farbe durchsichtig. Der antiloge Pol trägt bei allen ohne Ausnahme die Flächen des Hauptrhomboeders, die mehr oder weniger dicht von feinen, in der Richtung der kleineren Diagonalen verlaufenden Rissen überzogen sind, in denen sich rote Masse abgelagert hat. Gewöhnlich ist das Kopfende an den Stellen, die das Rhomboeder — 2R einnehmen würde, besonders stark korrodiert. Abgesehen hiervon sind die Flächen des Rhomboeders eben und glänzend, und ihre Messung mit einer Ausnahme stets möglich gewesen. Unterhalb der R-Flächen kommen an fast allen Kristallen

Digitized by Google

abgerundete reflektierende Flächen vor, die einem sehr steilen Skalenoeder mRn angehören. Der Versuch einer Messung dieser Flächen war erfolglos, da sich die Reflexbilder in langer Reihe über 3—4° erstreckten, ohne daß es möglich gewesen wäre, die Hauptreflexe zu erkennen. Die Prismenflächen sind nur an einem Kristall teilweise meßbar gewesen. An allen übrigen sind sie stark in ihrer Längsrichtung gerieft und gerundet. Unter ihnen herrscht das sechsseitige Prisma ∞P2 in der Regel vor, bisweilen sind auch die Flächen des dreiseitigen —∞R stärker entwickelt. Die Messung ergab an den einzelnen Kristallen:

No. 20:	R : R	= 47° 25′	46° 57′		
„ 21:	R : R	= 46 18	46 17	47° 32′	
„ 22:	R : R	= 46 3	46 48	47 1	
„ 23:	R : R	= 46 12	47 30		
„ 24:	R : R	= 46 12	47 28	46 52	
„ 25:	R : R	= 46 58	47 45		

in der Prismenzone:

		30° 0′	29° 57′	30° 7′	29° 15′	
No. 26:	R : R	= 47 37	47 43			
„ 27:	R : R	= 47 3	46 57	47 30		
	R : ∞P2	= 66 6	66 11			
„ 28:	R : R	= 46 51	46 56	47 3		
	R : ∞P2	= 66 8				
„ 29:	R : R	= 46 11	47 6	46 48		
	R : ∞P2	= 66 51	66 56	66 12	66° 58′	
„ 30:	R : R	= 47 —	47 9	47 10		
	R : ∞P2	= 66 33	66 22	66 53		
„ 31:	R : R	= 46 23	47 41	47 47		
	R : ∞P2	= 66 40	67 9	66 3	66 9	

No. 32 ist dunkelgrün gefärbt mit milchig trübem Kopfende. Der Kristall ist zwar frei von Rissen, aber nur trüb durchsichtig. Der analoge Pol ist absolut allein von R begrenzt, dessen Flächen aber matt und mit einer dünnen weißen Schicht überzogen sind. Die Prismenflächen sind gleichfalls nicht spiegelnd und tragen zwei tiefe Furchen, in denen sich stellenweise weiße Masse abgelagert hat.

An diese Gruppe schließt sich bezüglich seiner Ausbildung ein Kristall an, der in der Färbung von den übrigen abweicht.

An No. 33 ist das ausgebildete Ende blaugrün und getrübt durch fremde Einschlüsse. Nach dem abgebrochenen

Digitized by Google

Pole zu geht die Färbung in ein reines Tiefblau über. Hier ist der Kristall klar durchsichtig und frei von Rissen. Die Flächen des Hauptrhomboeders sind die alleinige Begrenzung des antilogen Poles. Sie sind ebenfalls in der Richtung der kleineren Diagonalen fein gestreift, aber abweichend nur matt glänzend, so daß sie nicht gemessen werden konnten. Unter den Prismenflächen, die stark vertikal gestreift sind und einige tiefere Furchen enthalten, herrscht $\infty P2$ vor.

In die zweite Gruppe der Kristalle mit stark vorherrschendem Hauptrhomboeder am antilogen Pole gehören 32 Exemplare (No. 34—65), die am ausgebildeten Ende bordeauxrot gefärbt sind und nach dem anderen Ende zu hellere Farben annehmen. Fast immer sind in dem weinrot gefärbten Kopfende schmale, fast farblose Schichten abgelagert, die parallel zur Endbegrenzung laufen. Die Kristalle sind trüb durchsichtig und häufig von starken Sprüngen durchsetzt. Die Flächen des antilogen Poles sind fast immer matt und nicht meßbar. Bei 13 Kristallen (No. 34—46) ist R die alleinige Endform, bei 12 anderen (No. 47—58) wird die Spitze der drei Rhomboederflächen durch eine meistens nur sehr kleine, matte Basis gerade abgestumpft. Nur an einem Kristall (No. 47) ist die gerade Endfläche stärker ausgebildet und glänzend, so daß die Winkel mit den ebenfalls glänzenden R-Flächen gemessen werden konnten. Auch in der Färbung weicht No. 47 etwas von den übrigen der Gruppe ab, indem sein ausgebildetes Ende trüb rosa, sein abgebrochenes milchigweiß gefärbt ist. Seine Prismenflächen sind gestreift und abgerundet. Es herrscht $-\infty R$ vor und verleiht dem Kristall trigonalen Querschnitt. Gemessen wurde:

$$R : R = 47°15' \quad 47°30'$$
$$R : 0R = 27\ 34$$

An sechs weiteren Exemplaren (No. 59—64) war neben R ganz untergeordnet $-2R$ vertreten mit stark glänzenden Flächen, die aber wegen ihrer verschwindend geringen Ausdehnung nicht meßbar waren. An einem Kristall (No. 65) endlich befanden sich neben dem Hauptrhomboeder sowohl die Basis als auch $-2R$ ganz untergeordnet. Die Prismenflächen sind an allen Kristallen dieser Gruppe stark vertikal gestreift, wurden aber dennoch an 4 Exemplaren teilweise

Digitized by Google

gemessen. Es herrschen wieder ∞P2 und ∞R vor. Aus dem Kristall No. 48 wurde senkrecht zur Hauptachse eine planparallele Platte geschnitten. Derselbe Kristall wurde gemeinschaftlich mit No. 34 bis auf ca. 600° erhitzt, bei welcher Temperatur beide ihre rote Färbung verloren und auch nach dem Erkalten dauernd farblos blieben. Derselbe Versuch wurde mit einem blauen und grünen Kristall angestellt, die aber beide fast unverändert ihre Färbung beibehielten.

In den Prismenzonen der aus der letzten Untergruppe gemessenen 4 Kristalle ergaben sich folgende Winkelwerte:

No. 50:	22°24′	37°4′	60°12′	120°47′	29°25′	30°—′	60°8′	
„ 45:	30 —	90 3						
„ 44:	60 35	13 52	15 58	30 6	60 —	178 31		
„ 59:	60 25	5 3	8 32	12 55	23 41	40 54	18 50	
	29 50	30 23	18 12	11 15				

d. h. bei No. 50: ∞P2 : $\infty P\frac{7}{6}$: ∞P2 : ∞R : ∞P2 : ∞R : ∞P2 : ∞P2

„ „ 45: ∞P2 : ∞R : ∞P2

„ „ 44: ∞P2 : ∞P2 : $\infty P\frac{7}{5}$: ∞R : ∞P2 : ∞P2 : $\infty P\frac{19}{16}$

„ „ 59: ∞P2 : ∞P2 : $\infty P\frac{19}{11}$: $\infty P\frac{7}{5}$: $\infty P\frac{43}{40}$: $\infty P\frac{19}{7}$: $\infty P\frac{8}{3}$: ∞R : ∞P2 : ∞R : ∞P$\frac{9}{7}$: ∞P2.

Die dritte Gruppe der Kristalle mit vorherrschendem R am antilogen Pol, der die neun Kristalle No. 66—74 angehören, bilden mehrfarbige Turmaline. Sie besitzen langprismatischen Habitus, ihre Prismenflächen sind stets vertikal gestreift und in keinem Falle gemessen worden. Unter den Endflächen des allein ausgebildeten antilogen Poles nimmt R wieder die Hauptstellung ein. Die Ausbildung seiner Flächen ist matt und nur vereinzelt spiegeln kleinere Teile von ihnen. OR tritt an ihnen nicht mehr auf, sehr regelmäßig aber mit nur äußerst kleinen, spiegelnden Flächen das Rhomboeder —2R. Übereinstimmend zeigen alle Kristalle am ausgebildeten Ende eine bordeauxrote Färbung mit schmalen, parallel zur Endbegrenzung verlaufenden fast farblosen Schichten. In den übrigen Teilen sind die einzelnen Kristalle abweichend voneinander gefärbt.

No. 66 ist in der Mitte hellrosa, am abgebrochenen Ende hellbläulichgrün gefärbt, frei von Sprüngen und ziemlich klar durchsichtig.

No. 67 ist ein ausgezeichnet schöner, 32 mm langer und 15 mm dicker Kristall. Seine Rhomboederflächen sind eben

Digitized by Google

und scharfkantig, aber nur eine stellenweise spiegelnd. Die dunkelweinrote Färbung des Kopfes geht nach der Mitte zu in braunrot, gelbbraun und hellbläulich über, doch ohne scharfe Grenzen zu bilden, und ist am abgebrochenen analogen Pole hellblaugrün, aber an den scharfen Prismenkanten bis zum Ende rosa gefärbt. Die Prismenflächen sind gestreift und nicht gemessen worden. Es herrscht $\infty P2$ vor, so daß der Querschnitt senkrecht zur Hauptachse hexagonal ist.

No. 68 ist am abgebrochenen Ende ebenfalls blaugrün und zeigt auf seinen Prismenflächen rötliche Partien. Die R-Flächen sind eben und scharfkantig, aber sehr matt ausgebildet. Er ist fast frei von Rissen und klar durchsichtig.

No. 69 ist am Kopfende rot, in der Säule blaßgrün gefärbt. Die Grenze der verschieden gefärbten Teile ist sehr scharf. Die Flächen des Hauptrhomboeders spiegeln nur in kleineren Teilen und sind stark korrodiert. Im helleren Teil des analogen Poles durchziehen den Kristall zwei starke Sprünge senkrecht zur Hauptachse. Sonst ist er klar durchsichtig.

No. 70 ist ein schmaler, weinrot gefärbter Kristall mit trübroten Partien am analogen Pole, die sich stellenweise über die Prismenflächen erstrecken. Seine Endflächen sind eben und scharfkantig, aber matt. Die Prismenflächen tragen einen Abdruck eines Quarzkristalls, auf dem der Turmalin aufgewachsen war.

No. 71 ist dunkelweinrot am antilogen Pole und wird nach der Mitte zu allmählich heller und trübe. Seine Rhomboederflächen sind matt.

No. 72. An ihm sind die Prismenflächen matt und z. T. trübe. Die Färbung geht vom Weinrot des ausgebildeten Endes in allmählichem Übergang durch Zartrosa mit gelblichem Anflug in ein helles Blaugrün über. Der Kristall beherbergt viele Einschlüsse.

Die beiden letzten Kristalle dieser Gruppe zeichnen sich durch äußerst regelmäßigen sechsseitigen Querschnitt ihrer Prismen aus.

No. 73. Der erste von ihnen ist ein prächtig gefärbter und großer Kristall, 23 mm lang und 15 mm dick. Die bordeauxrote Schicht am Kopfende ist nur schmal und auf

Digitized by Google

den Bezirk der Rhomboederflächen beschränkt. Sie macht ohne scharfe Grenze, aber sehr plötzlich, einer lichtgrünblauen Färbung Platz, die ihrerseits nach dem abgebrochenen Ende zu in Smaragdgrün übergeht. Der Kristall ist nur wenig rissig, im ganzen aber klar durchsichtig. Die Endflächen des antilogen Poles sind glänzend und stark korrodiert, auch nicht ganz eben. Die Kombinationskanten R : R sind durch sehr schmale, rauhe Flächen des nächst stumpferen Rhomboeders $-\frac{1}{2}$R gerade abgestumpft. Äußerst klein, aber glänzend kommt -2R mit einer Fläche vor. Die Prismenflächen sind äußerst fein vertikal gestreift und deswegen sehr matt.

No. 74. Der letzte Kristall dieser Gruppe ist 26 mm lang und 14 mm dick. Das abgebrochene Ende ist gelbgrün und wird nach der Mitte zu blaugrün. Dieses Gebiet ist von dem bordeauxroten Kopfende durch eine lichtblaue, fast farblose Zone getrennt. Die Rhomboederflächen sind mattspiegelnd, ihre Kanten nach den Prismenflächen abgerollt, die Kombinationskanten R : R der Länge nach von beiden Rhomboederflächen aus schmal eingekerbt. Ganz untergeordnet tritt eine winzige, aber stark glänzende -2R-Fläche hinzu. Die Prismenflächen sind streifig und nur mattglänzend. Gemessen wurden an ihm die beiden Winkel:

$$R : R = 47^{\circ}\,23' \quad 47^{\circ}\,33'$$

2. Neben R tritt -2R stärker hervor. (No. 75—81.)

An den 7 Kristallen der folgenden Gruppe ist ebenfalls nur der antiloge Pol ausgebildet. Sie sind noch verhältnismäßig flächenarm. Neben der Form des Hauptrhomboeders ist an ihnen -2R stärker ausgebildet (No. 75), kommt mit R bis zum Gleichgewicht (No. 76), übertrifft es an Ausdehnung (No. 77 und 78) und verdrängt es schließlich ganz und gar (No. 79). Daneben kommt an zwei Kristallen (No. 79 und 80) das Skalenoeder R3, an einem anderen (No. 81) das Skalenoeder R5 vor. No. 78 enthält neben R und -2R eine nur matt glänzende ziemlich ausgedehnte Basis. Die Färbung der Kristalle dieser Gruppe war verschieden.

No. 75 ist ein fast farbloser, am ausgebildeten antilogen Pole schwach gelblichgrün, am anderen Ende zart rötlich gefärbter Turmalin. Der Kristall ist vollkommen klar durch-

Digitized by Google

sichtig und die Färbung so schwach, daß sie erst bei der Durchsicht gegen weißes Papier bemerkbar ist. Die —2R-Flächen treten neben den R-Flächen noch sehr zurück, sind jedoch vorzüglich ausgebildet und von starkem Glanze, so daß ihre Reflexbilder äußerst scharf einstellbar waren. Die Flächen des Hauptrhomboeders R sind ebenfalls sehr glänzend, aber nicht ganz eben. Sie erscheinen vielmehr wie von einem Punkte aus nach den Kanten zu schwach abfallend, und geben alle drei ein scharfes, leuchtendes Doppelsignal, das von einem diffusen Lichthof umgeben ist, der von zwei dunklen, sich senkrecht kreuzenden Balken durchsetzt wird. Die Prismenflächen sind vertikal gestreift und z. T. gekrümmt. Einige gaben gut einstellbare Reflexe auf hellem Lichtstreifen und konnten gemessen werden. Es herrschen unter ihnen die Prismen ∞P2 und —∞R vor. Am Kopfende durchzieht den Kristall ein kräftiger Sprung; sonst ist er frei von Einschlüssen und Rissen. Nach Mitteilung von Herrn Prof. Brauns war dies der einzige, praktisch farblose Turmalin mit Endflächen, den er unter Tausenden von Kristallen in Idar und Oberstein gesehen hat. Es wurde an ihm gemessen:

R : R = 47° 19′ 47° 19′
R : — 2R = 38° 30′ 38° 29′ 38° 30′ 38° 44′ 38° 29′ 38° 27′

und in der Prismenzone:

30° 0′ 29° 40′ 60° 56′ 29° 24′

Im Anschluß an diesen Kristall ist die Messung eines beiderseits abgebrochenen farblosen Turmalins zu bringen, dessen Prismenflächen ungewöhnlich eben und glänzend waren:

25° 27′ 34° 33′ 60° 0′ 60° 0′ 90° 0′ 30° 0′ 60° 0′
∞P2 : ∞P$\frac{4}{10}$: ∞P2 : ∞P2 : ∞P2 : ∞R : ∞P2

An No. 76 kommen R und —2R zum Gleichgewicht. Am antilogen Pol ist der Kristall im Bezirk der Rhomboederflächen schwarzgrün, im übrigen hellgrün gefärbt. Der Übergang zwischen beiden Färbungen ist scharf begrenzt. Der lichtere Teil ist klar durchsichtig und frei von Sprüngen. Die Ausbildung der Endflächen ist nicht ganz eben, aber stark glänzend, so daß von sämtlichen Flächen mehrfache, leuchtende und scharfe Reflexbilder entstanden, die eine Einstellung sehr erschwerten. Von den Seitenflächen gaben nur drei aufeinanderfolgende scharfe Reflexe auf buntem Licht-

Digitized by Google

bande. Die anderen waren vertikal gestreift und an den Kanten abgerundet. Die Messung ergab folgende Winkelwerte:

Am antilogen Pole:

R : —2R = 38° 42′ 38° 43′ 38° 36′ 38° 10′
R : —2R = 73 21
—2R : ∞R = 44 20

und in der Prismenzone:

30° 59′ 29° 22
∞P2 : ∞R : ∞P2

No. 77 ist ein kurzprismatischer Kristall von einheitlich rosenroter Färbung. Ein kräftiger Sprung durchzieht ihn in halber Höhe. Sonst ist er frei von Rissen und Einschlüssen und klar durchsichtig. Am antilogen Pole wird er von R und —2R begrenzt. —2R ist glatt, eben und von vorzüglichem Glanze, seine Reflexbilder sind ausgezeichnet scharf. Es ist vorherrschend. Die Kombinationskanten seiner Flächen werden zweimal durch die Flächen von R gerade abgestumpft. R ist glänzend und nach den Kanten mit —2R fein gestreift, die Reflexe leuchtend, aber weniger scharf und mehrfach. Die Prismenflächen sind mattglänzend und streifig, teilweise mit einer bräunlichen Schicht bedeckt. Es sind nur die Flächen des Prismas ∞P2 ausgebildet, wenn auch ungleich groß, so daß der Querschnitt durch die Prismen ein unregelmäßiges Sechseck darstellt. Gemessen wurden folgende Winkel:

R : R = 47° 7′
R : —2R = 38° 9′ 38° 25′ 38° 34′ 38° 18′
—2R : —2R = 76 34 76 34 76 53
—2R : ∞P2 = 51 40 51 7

No. 78 ist ein gleichfalls einheitlich rosa gefärbter, 34 mm langer und 20 mm dicker Kristall, an dessen antilogem Pol neben —2R und R mattglänzend und eben ausgebildet eine ziemlich ausgedehnte Basis auftrat (Idealfigur IV, 1), deren Reflexbild zwar minder gut leuchtend, aber doch scharf war. Die Flächen von R sind vollzählig vorhanden, aber kleiner als die von —2R. Ihre Ausbildung ist weder sehr glänzend noch ganz eben, weshalb sie nur schwach leuchtende, unscharfe Bilder reflektieren. Das gleiche gilt auch von zwei Flächen des Rhomboeders —2R. Die dritte Fläche dieser Form ist äußerst rauh beschaffen. Es hat den Anschein, als sei der Kristall an dieser Stelle durch Anlagerung parallel gestellter dünner

Digitized by Google

Säulchen aufgebaut, deren Ende nur ungefähr in diese Fläche fallen. Auch die rauhe und stengelig säulige Beschaffenheit der Prismenflächen unterhalb der Fläche ließe sich durch diese Annahme erklären. Die anderen Prismenflächen sind ebenfalls sehr tief kanneliert und stark abgerundet. Es herrschen ∞P2 und −∞R vor.

Gemessen wurde am antilogen Pole:

0R :	R =	27°29′	27°12′
0R :	−2R =	46 14	46 14

No. 79 (Taf. IV Fig. 5) ist ein 4 cm langer und 1½ cm dicker Kristall, sowohl in Färbung als auch in der Ausbildung der Endflächen des antilogen Poles das Prachtstück der Sammlung. Er ist bereits von Herrn Prof. Brauns in seinem Mineralreich p. 241 beschrieben worden. −2R hat an ihm das Hauptrhomboeder vollständig verdrängt. Es bildet große, prachtvoll glänzende Flächen, die allerdings infolge von Vizinalflächenbildung nicht ganz eben sind und ganze Gruppen von glänzenden Reflexbildern liefern, die eine scharfe Einstellung der Flächen nicht zulassen. Die nur ganz untergeordnet hinzutretenden Flächen von R3 sind eben und von starkem Glanze. Sie reflektieren vorzüglich scharf, leuchtend und einfach. Die Prismenflächen sind abgerundet und stark gerillt, der Querschnitt durch sie ist dreiseitig. Die Färbung des ausgebildeten Endes ist sehr licht gelbbraun, prachtvoll klar durchsichtig und völlig frei von Sprüngen und Einschlüssen. Dann setzt sich an der einen Seite des Kristalls die Färbung des Kopfes nach unten hin fort, auf der anderen Seite macht sie einer zartrosenroten Platz, so daß die Grenzfläche zwischen beiden ausnahmsweise vertikal verläuft. Im unteren Teil des Kristalls gehen beide Färbungen allmählich erst in Grünblau, schließlich in Tieftintenblau über. Die Durchsichtigkeit nimmt nach den dunkleren Teilen des analogen Poles zu ab und wird durch unregelmäßige kleine Risse im Innern des Kristalls getrübt. Die Messung an den Endflächen ergab folgende Winkelwerte:

−2R :	−2R =	77°11′	77°11′	77°5′	
−2R :	R3 =	31 45	31 38	31 38	31°36′
−2R :	R3 =	58 47	58 44		
R3 :	R3 =	30 43			

Digitized by Google

No. 80 ist ein kleiner, ca. 1 cm langer und 6 mm dicker, fast farbloser Kristall, der das Hauptrhomboeder nur ganz untergeordnet mit einer Fläche enthält. Allerdings ist der größere Teil des ausgebildeten antilogen Poles korrodiert und läßt innerhalb der Bruchstelle nur einen kleinen, kräftig leuchtenden Teil einer —2R-Fläche erkennen. Im übrigen Gebiete des Kopfes ist —2R stark zurückgedrängt durch die glänzenden und eben ausgebildeten Flächen des Skalenoeders R3, dessen Kombinationskanten —2R einmal durch eine Fläche gerade abstumpft, die einen zerstreuten Doppelreflex liefert. Die Prismenflächen sind streifig und unregelmäßig aufgebaut und lassen keine Form deutlich erkennen. Die Messung ergab folgende Winkel:

R :	R3 = 28°14′		
—2R :	R3 = 31 26	32°25′	31°52′
R3 :	R3 = 30 54	30 34	
R3 :	∞P2 = 37 22		

No. 81 (Taf. IV Fig. 6). An ihm war neben dem stark ausgebildeten Hauptrhomboeder und einer kleinen Fläche des nächst spitzeren —2R das Skalenoeder R5 mit rauhen, nicht meßbaren Flächen vertreten. Die Flächen von R sind glänzend beschaffen und konnten gut gemessen werden, desgleichen die kleine —2R-Fläche. Die Prismenflächen, unter denen ∞P2 vorherrscht, sind fein gestreift und dadurch mattglänzend. Der Kristall ist nur trüb durchsichtig, besonders am abgebrochenen Ende, und von einheitlich hellblaugrüner Färbung, die nach dem ausgebildeten Ende zu nur etwas heller wird. Es wurden gemessen:

R :	R = 46°54′	47°5′	
R :	—2R = 39 7		
R :	∞P2 = 66 50	66 18	

Anhangsweise ist in dieser Gruppe ein am abgebrochenen Ende trübrot, am ausgebildeten bordeauxrot gefärbter Turmalin (No. 82) mit schmaler hellerer Zone in der Mitte anzufügen. Die Endflächen des antilogen Poles werden von R und R3 gebildet, die bezüglich ihrer Ausdehnung sehr regelmäßig über den Pol des Kristalls verteilt liegen. Das Rhomboeder ist z. T. glänzend, das Skalenoeder weniger, aber beide sehr uneben ausgebildet. Sie liefern viele nebeneinander-

Digitized by Google

stehende Reflexbilder von gleicher Leuchtkraft und Schärfe, so daß die abgelesenen Winkel zwischen Grenzen von über 1° schwanken. Die Prismenflächen sind am abgebrochenen Ende stark verletzt und sehr streifig. Sie bilden infolge des Vorherrschens von ∞P2 eine sehr regelmäßige sechsseitige Säule.

3. Kristalle, an denen $-\frac{1}{2}R$ ausgebildet ist. (No. 83—121.)

Eine weitere Gruppe unter den nur am antilogen Pol ausgebildeten Kristallen wird von 38 Exemplaren gebildet, an denen das Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$ entwickelt ist. Es ist eine für Brasilianer Turmalin besonders charakteristische Form. Seine Flächen sind stets nur mattglänzend, aber häufig doch so eben, daß die Reflexbilder äußerst scharf meßbar sind.

a) Kristalle mit vorherrschendem $-\frac{1}{2}R$. (No. 83—113.)

$-\frac{1}{2}R$ die alleinige Form des antilogen Poles. (No. 83 u. 84.)

An zwei hellgrün gefärbten Kristallen tritt $-\frac{1}{2}R$ als alleinige Endform des antilogen Poles auf. Sie gestattet jedoch in beiden Fällen keine Winkelbestimmung mit Reflexionsgoniometer. An No. 83 sind unter den Prismenflächen diejenigen von ∞P2 die ausgedehntesten und verleihen ihm hexagonalen Querschnitt. Sie sind jedoch, wie auch bei No. 84, stark vertikal gestreift und nicht meßbar. Von Sprüngen und Einschlüssen sind beide Kristalle ziemlich frei, der eine sehr klar, den andere nur trüb durchsichtig.

$-\frac{1}{2}R$ mit winzigem $-\frac{1}{2}R3$ am antilogen Pol. (No. 85—89.)

An fünf weiteren Kristallen wird das Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$ nur von winzig kleinen Flächen des Skalenoeders $-\frac{1}{2}R3$ begleitet. Die kleineren Exemplare sind hellgrün, die größeren dunkelgrün gefärbt und mit einer Ausnahme klar durchsichtig. Nur an No. 85 konnten die Winkel der Rhomboederflächen mit Reflexionsgoniometer bestimmt werden. Das Resultat war:

$$-\frac{1}{2}R : -\frac{1}{2}R = 98°37' \quad 98°37'.$$

$-\frac{1}{2}R3$ ist an allen nur mattglänzend und parallel zu den schärferen Kombinationskanten fein gestreift. Die Kanten mit den Rhomboederflächen sind häufig wenig scharf. Gemessen konnte schon wegen der geringen Ausdehnung keine dieser Flächen werden. Die Prismenflächen sind immer vertikal

Digitized by Google

gestreift und zylindrisch abgerundet, so daß sie der Messung unzugänglich waren. Neben ∞P2 sind öfter die unter $-\frac{7}{2}$R liegenden Flächen des dreiseitigen Prismas $-\infty$R stärker entwickelt. An die Prismenflächen sind bei dem großen dunkelgrünen Kristall No. 86 drei kleinere Individuen angewachsen, von denen das größte beiderseits abgebrochen ist, die beiden anderen aber am antilogen Pole geradeso ausgebildet sind wie der Hauptkristall.

Kristalle mit $-\frac{1}{2}$R und ganz untergeordnet $-\frac{1}{2}$R3 und R3. (No. 90 u. 91.)

Zwei Kristalle enthalten neben stark ausgebildetem $-\frac{7}{2}$R und kleinem $-\frac{1}{2}$R3 noch ganz untergeordnet das Skalenoeder R3.

No. 90 (Taf. V Fig. 14) ist ein hellgrüner, sehr klar durchsichtiger Kristall, den einige zarte Risse senkrecht zur Hauptaxe durchziehen. Von den Rhomboederflächen gab nur eine ein mattleuchtendes, aber äußerst scharfes Bild, während die beiden anderen trotz ihrer ebenen Ausbildung nicht spiegelten. $-\frac{1}{2}$R3 war mit allen Flächen vertreten, von denen aber keine meßbar war. Das Skalenoeder R3 hatte nur drei Flächen entwickelt. Diese waren äußerst glänzend, so daß trotz der geringen Ausdehnung zwei von ihnen noch einstellbare Reflexe lieferten. Dem Augenschein nach herrschen in der Prismenzone die Flächen von ∞P2 vor, deren Kanten zweimal durch $-\infty$R abgestumpft werden. Es wurde gemessen:

$$-\tfrac{1}{2}\text{R} : \text{R3} = 34°51'$$
$$-\tfrac{7}{2}\text{R} : \text{R3} = 65\ 13$$

und in der Prismenzone:

18°54′ 29°33′ 60°0′ 32°48′ 26°49′ 59°18′ 31°3′ 1°48′
d. h. $\infty P\frac{3}{2} : \infty R : \infty P2 : \infty P2 : \infty P\frac{4}{15} : \infty P2 : \infty P2 : \infty P\frac{4}{15}$

No. 91 ist hellbläulichgrün und ganz frei von Sprüngen. Die 3 Rhomboederflächen sind matt, aber sehr eben. Von ihnen reflektierte eine äußerst scharf umrandete Bilder. R3 ist wieder mit vorzüglich glänzenden und gut reflektierenden Flächen vertreten. Das andere Skalenoeder, $-\frac{1}{2}$R3, ist schlecht ausgebildet und ganz untergeordnet. Von den Prismenflächen sind zwei benachbarte ziemlich frei von der üblichen Streifung und stark glänzend. Auch auf den übrigen ist sie nicht stark

Digitized by Google

ausgeprägt, weshalb die Prismenzone gemessen werden konnte. Es wurde erhalten:

R3 : R3 = 30°49′ 30°23′
R3 : ∞P2 = 37 27

in der Prismenzone:

30°30′ 121°23′ 16°51′ 1°31′ 32°59′ 69°54′ 29°18′ 3°19′ 26°51′ 29°24′
d. h. ∞R : ∞P2 : ∞P2 : ∞P$\frac{3}{10}$: ∞P$\frac{4}{11}$: ∞P$\frac{9}{7}$: ∞P2 : ∞R : ∞P$\frac{8}{15}$: ∞P2 : ∞R

$-\frac{7}{2}$R Hauptform, daneben $-\frac{1}{2}$R3 und andere in stärkerer Ausbildung. (No. 92—112).

An 21 Kristallen wird das Rhomboeder $-\frac{7}{2}$R von der einen oder anderen Form, meistens vom Skalenoeder $-\frac{1}{2}$R3, in stärkerer Ausdehnung begleitet, doch bleibt $-\frac{7}{2}$R an allen Kristallen die Hauptform des antilogen Poles. Die Farbe der Kristalle ist in der Regel dunkelgrün, teilweise mit bräunlichgrüner Bänderung in der Nähe des ausgebildeten Endes, die der Endbegrenzung ungefähr parallel läuft.

4 Kristalle (No. 92—95) enthalten als Endformen neben $-\frac{7}{2}$R und $-\frac{1}{2}$R3 nur noch das Hauptrhomboeder als schmale, meist glänzende Abstumpfungsfläche der schärferen Kanten zweier $-\frac{1}{2}$R3-Flächen. Sie sind fein parallel zur kleineren Diagonale gestreift, ihre Reflexbilder daher immer gestört und wenig scharf. Die Streifung auf R setzt sich in der Regel auf den benachbarten Flächen von $-\frac{1}{2}$R3 fort.

No. 92. An diesem Kristall kommt $-\frac{1}{2}$R3 noch wenig ausgedehnt mit nur drei Flächen vor, die nicht spiegeln. Die Kante zwischen zweien wird durch eine schmale, ebenfalls nicht reflektierende Fläche des Hauptrhomboeders abgestumpft. Er ist dunkelgrün mit bräunlichgrünen, schmalen, scharf parallel zu den Endflächen abgesetzten Schichten in der Nähe des ausgebildeten Poles. Einige kurze Sprünge durchsetzen ihn, sonst ist er klar durchsichtig. Unter den Prismen herrscht ∞P2 vor. Nur eine Fläche von −∞R ist größer entwickelt. Gemessen wurde nichts.

No. 93 ist ein großer, einheitlich dunkelgrüner Kristall, der klar durchsichtig ist und nur von einigen Sprüngen senkrecht zur Hauptachse durchsetzt wird. $-\frac{7}{2}$R ist sehr eben und reflektiert. Von $-\frac{1}{2}$R3 ist nur die Hälfte der Flächen entwickelt, in gewöhnlicher Weise nach den Kanten mit R

Digitized by Google

fein gestreift, aber sonst glänzend. Sie liefern in die Breite gezogene Reflexbilder. Auch über die einzige R-Fläche, die als schmale Abstumpfungsfläche am Kristall ausgebildet ist, zieht sich in derselben Richtung eine feine Streifung, die sein Reflexbild sehr verschwommen macht. Unter den Prismenflächen, die nicht meßbar waren, sind ∞P2 und —∞R stärker entwickelt. Die Messung ergab:

R	: —½R3 =	21°45′	21°42′
½R3	: —½R3 =	43 27	
—½R3	: —½R3 =	58 37	
—⅞R	: —⅞R =	98 33	98 40

No. 94 ist ein großer dicker Turmalin mit starken Sprüngen quer zur Längsrichtung. Er ist klar dunkelgrün durchsichtig: —½R3 und R gewinnen an ihm bereits sehr an Ausdehnung, doch ist —⅞R noch immer Träger der Kombination. Seine Flächen sind sehr eben, mattglänzend und gut meßbar. R bildet zwei schmale, glänzende Abstumpfungsflächen, die ebenso wie die sehr stark ausgedehnten glänzenden Flächen von —½R3 in üblicher Richtung fein gestreift sind. Sie liefern als Reflexbilder breite Lichtbänder mit kaum hervortretendem Hauptsignal. Die Prismenflächen konnten nicht gemessen werden. Sie sind fein gerillt und tragen außerdem mehrere tiefere Furchen. ∞P2 scheint vorzuherrschen. Am antilogen Pole wurden die Winkel bestimmt:

R	: —½R3 =	21°42′	21°45′	21°45′	21°57′
—½R3	: —½R3 =	43 25	43 27	43 42	
—⅞R	: —½R3 =	30 23			
—⅞R	: —⅞R =	98 18			

No. 95 ist szepterförmig aufgebaut. Sein Kopf ist gelbgrün und besitzt matte, nicht ganz ebene —⅞R-Flächen, daneben kleine matte —½R3-Flächen mit abgerundeten Kanten und eine schmale, der Länge nach gestreifte Fläche des Hauptrhomboeders. Der Kopf sitzt auf einem, nach unten zu sich verjüngenden, faserig aufgebauten Stil von hellgelbgrüner Färbung. Die Prismenzone des Kopfes war meßbar. Man erhielt hier die Winkelwerte:

30°3′	29°55′	90°0′	30°0′	60°5′	30°0′	29°57′	60°0′
—∞R :	∞P2 :	∞R :	∞P2 :	∞R :	∞R :	∞P2 :	∞R

Digitized by Google

An acht weiteren Kristallen (No. 96—103) tritt zu den Formen $-\frac{7}{2}R$, $-\frac{1}{2}R3$ und R der letzten 4 Kristalle das Rhomboeder $-2R$ als stark glänzende, kleine, dreieckige Flächen hinzu, die wegen ihrer vorzüglich ebenen Ausbildung z. T. wundervoll leuchtende und scharfe Einzelreflexe geben und sehr exakt meßbar sind.

No. 96 ist kurz prismatisch und von dunkelgrüner Färbung. Im Bezirk der Endflächen treten bräunliche, schmale Schichten auf. Er ist klar durchsichtig und ohne größeren Riß. $-\frac{7}{2}R$ ist eben und matt. Er spiegelt nur mit einer Fläche. $-\frac{1}{2}R3$ tritt mit fünf ziemlich ausgedehnten Flächen auf, von denen einige stark glänzen und ziemlich frei sind von der Streifung nach der Kante mit R. $-2R$ bildet zwei glänzende, kleine Dreiecke, die vorzüglich reflektieren, R nur eine schmale, keilförmige Fläche mit scharfem, wenig leuchtendem Reflexbild. Die Prismenflächen sind abgerundet und vertikal gestreift, unter ihnen herrschen $\infty P2$ und $-\infty R$ vor. Die Messung ergab:

R	: $-2R$	= 73°20′
$-2R$	: $-\frac{1}{2}R3$	= 16 47
$-2R$	: $-\frac{7}{2}R$	= 15 9
$-2R$	: ∞R	= 44 6
$-\frac{1}{2}R3$	: $-\frac{1}{2}R3$	= 43 39
$-\frac{1}{2}R3$	: $-\frac{1}{2}R3$	= 21 18
$-\frac{7}{2}R$	: ∞R	= 28 57

No. 97 ist ein dunkelgrüner Kristall mit bräunlichen, schmalen Schichten in halber Höhe, die parallel zur Basis abgesetzt sind. Von einigen zarten Rissen durchsetzt, ist er im übrigen klar durchsichtig. $-\frac{7}{2}R$ ist die bei weitem vorherrschende Form, von seinen Flächen spiegelt aber nur eine, R und $-2R$ sind untergeordnet, aber äußerst glänzend. Von beiden Formen sind nur je zwei Flächen entwickelt, die von R fein gestreift nach den Kanten von $-\frac{1}{2}R3$. Diese Streifung setzt sich fort auf den Flächen von $-\frac{1}{2}R3$, die im übrigen glänzend sind, so daß die Reflexbilder noch immer gut brauchbar sind. Die Prismenzone konnte wegen der stark ausgeprägten Streifung nicht gemessen werden. Durch das Vorherrschen von $-\infty R$ erhält der Kristall einen dreiseitigen Querschnitt. Es wurde gemessen:

Digitized by Google

R : −2R	= 38°27′	38°41′	38°31′	
R : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 50	21 43	21 40	21°43′
−2R : $-\frac{1}{2}$R3	= 16 37	16 48	16 48	
−2R : $-\frac{7}{2}$R	= 15 10			
$-\frac{7}{2}$R : $-\frac{1}{2}$R3	= 30 0			
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3	= 43 33	43 23		
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 19			

No. 98 (Taf. V Fig. 13) ist dunkelgrün gefärbt und zeigt nahe dem abgebrochenen Pole die braungrünen Schichten parallel zu den Endflächen des antilogen Poles. Er ist klar durchsichtig und von einigen Rissen durchzogen. Vom herrschenden $-\frac{7}{2}$R spiegeln alle drei Flächen und erlauben eine sehr exakte Winkelbestimmung. $-\frac{1}{2}$R3 ist mit voller Anzahl seiner Flächen vorhanden, diese sind aber sehr ungleich groß ausgebildet und stark glänzend. R ist sehr schmal und nicht meßbar, −2R mit einer glänzenden, vorzüglich reflektierenden Dreiecksfläche entwickelt. Die Prismenflächen waren nicht meßbar.

−2R : $-\frac{1}{2}$R3	= 16°48′	16°46′	
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3	= 43 26	43 24	
−2R : $-\frac{7}{2}$R	= 15 20		
$-\frac{7}{2}$R : ∞R	= 28 42		
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 15	21 17	21°19′
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{7}{2}$R	= 29 54		
$-\frac{7}{2}$R : $-\frac{7}{2}$R	= 98 44	98 52	

No. 99 ist von dunkelgrüner Färbung. In ihm haben sich die bräunlichgrünen Schichten scharf parallel den Endflächen des antilogen Pols abgesetzt. Er ist sehr klar durchsichtig und nicht rissig. Die Flächen von $-\frac{7}{2}$R reflektieren scharf und sind gut meßbar. $-\frac{1}{2}$R3 ist wieder sehr ungleichmäßig entwickelt. Einige seiner Flächen sind fein nach den Kanten mit R gestreift und liefern rötliche Reflexe auf buntem Lichtbande. R ist sehr schmal als gerade Abstumpfungsfläche und als keilförmige, glänzende Fläche entwickelt und beidemal gut einstellbar. −2R tritt mit zwei äußerst kleinen Dreiecksflächen hinzu, deren Reflexbilder wegen der guten Beschaffenheit der Flächen dennoch gut meßbar sind. Unter den Prismenflächen tritt ∞P2 hervor. Die Messung ergab:

Digitized by Google

R	: $-\frac{1}{2}$R3 =	21°31′	21°51′	21°39′
R	: −2R =	38 25	38 37	38 29
−2R	: $-\frac{1}{2}$R3 =	16 54	16 46	16 50 16°47′
$-\frac{1}{2}$R3	: $-\frac{1}{2}$R3 =	58 35		
$-\frac{1}{2}$R3	: $-\frac{1}{2}$R3 =	43 22	43 28	
$-\frac{1}{2}$R3	: $-\frac{7}{2}$R =	30 14		
$-\frac{7}{2}$R	: $-\frac{7}{2}$R =	98 43		

No. 100 ist klar dunkelgrün durchsichtig. Zwei Risse durchsetzen ihn quer zur Hauptrichtung. Die drei Flächen des Rhomboeders überwiegen stark an Ausdehnung, sind sehr eben ausgebildet und glänzen stellenweise. $-\frac{1}{2}$R3 ist schlecht entwickelt und reflektiert gar nicht. R und −2R treten je nur mit einer Fläche auf. Das Bild von R ist lichtschwach, aber gut einstellbar, dasjenige von −2R leuchtend und scharf. Unter den Prismenflächen ist die Form ∞P2 sicher zu erkennen. Sie tragen zwei sehr tiefe Furchen, in denen sich fremde, rötlichgelbe Masse abgelagert hat. Am antilogen Pole wurden die Winkel abgelesen:

$-\frac{7}{2}$R	: $-\frac{7}{2}$R =	98°37′	
$-\frac{7}{2}$R	: R =	50 59	50°58′
$-\frac{1}{2}$R3	: −2R =	16 13	
$-\frac{7}{2}$R	: ∞R =	29 1	
−2R	: R =	73 24	
$-\frac{7}{2}$R	: −2R =	15 1	

No. 101. Solche tiefere Furchen in der Prismenzone finden sich auch am nächsten Kristall dieser Gruppe, unter dessen Prismenflächen die von ∞P2 vorherrschen. Sie sind jedoch nicht meßbar wegen streifiger Ausbildung. Außer ihnen gewinnt nur eine Fläche des negativen dreiseitigen Prismas ∞R größere Ausdehnung. Der Kristall ist dunkelgrün, nach dem abgebrochenen Ende zu sehr fein zersprungen und dadurch getrübt. $-\frac{7}{2}$R ist matt und nicht ganz eben, infolgedessen nicht meßbar. R wird durch eine schmale, glänzende Fläche vertreten. $-\frac{1}{2}$R3 ist glänzend, nicht sehr ausgedehnt und fein in Richtung der schärferen Kanten gestreift. Von −2R kommt nur eine glänzende, kleine Fläche vor, die noch eben meßbar ist. Das Resultat der Winkelbestimmung war folgendes:

−2R	: $-\frac{1}{2}$R3 =	16°46′
$-\frac{1}{2}$R3	: $-\frac{1}{2}$R3 =	21 19
$-\frac{1}{2}$R3	: $-\frac{1}{2}$R3 =	43 6

Digitized by Google

No. 102 ist ein sehr kurz prismatischer, einheitlich dunkelgrün gefärbter Kristall, der frei von Rissen und sehr klar durchsichtig ist. Die Flächen von $-\frac{7}{2}R$ sind matt glänzend und sehr eben ausgebildet. Sie liefern schwach leuchtende aber scharfe Reflexe. $-\frac{1}{2}R3$ ist ausgedehnt Die Flächen sind glänzend und fein in Richtung der Kanten mit R gestreift. Die von ihnen stammenden leuchtenden und scharfen Reflexbilder liegen auf einem breiten, bunten Lichtstreifen. Nur einmal wird die schärfere Kante $-\frac{1}{2}R3 : -\frac{1}{2}R3$ durch eine schmale, glänzend und glatt ausgebildete R-Fläche gerade abgestumpft. $-2R$ ist vollzählig vertreten mit drei kleinen Dreiecksflächen, die in gewohnter Weise durch ebene und vorzüglich glänzende Beschaffenheit ausgezeichnet sind. Die Prismen sind etwas abgerundet und vertikal gestreift. $\infty P2$ ist sehr ausgedehnt ausgebildet, daneben tritt eine Fläche von $-\infty R$ hervor. Die Messung der Flächen am antilogen Pole ergab:

$R : -2R$	$= 38°40'$	$38°30'$			
$R : -\frac{1}{2}R3$	$= 21\ 35$	$21\ 54$			
$R : -2R$	$= 73\ 19$				
$-2R : -\frac{1}{2}R3$	$= 16\ 45$	$16\ 40$	$16°44'$	$16°46'$	$16°50'$
$-\frac{1}{2}R3 : -\frac{1}{2}R3$	$= 43\ 30$	$43\ 26$			
$-2R : -\frac{7}{2}R$	$= 15\ 7$				
$-2R : \infty P2$	$= 51\ 28$				

No. 103 ist ein sattgrüner Kristall, der nach dem ausgebildeten Ende zu noch dunklere Farbentöne annimmt. Ein kräftiger und mehrere zarte Sprünge durchsetzen ihn senkrecht zur Hauptachse. Sonst ist er klar durchsichtig. $-\frac{7}{2}R$ ist wie gewöhnlich durch äußerst ebene, aber nur mattglänzende Flächen vertreten. Sie reflektieren scharf aber lichtschwach. $-\frac{1}{2}R3$ ist wieder sehr ausgedehnt, und zart nach den Kanten mit R gestreift. Es liefert leuchtende und scharfe Hauptreflexe auf buntem Hintergrunde. R erscheint zweimal als sehr lange und schmale Flächen, über die sich eine zarte Streifung nach der Längsrichtung erstreckt. Ihre Reflexbilder sind beschaffen wie die von $-\frac{1}{2}R3$. Von $-2R$ sind zwei glänzende und ebene kleine Dreiecksflächen vorhanden, die prachtvolle Einzelreflexe geben. Unter den stark gestreiften und daher nicht meßbaren Prismenflächen herrschen die von $-\infty R$ vor, begleitet von einigen gleichfalls ausgedehnten Flächen von $\infty P2$. Gemessen wurde am antilogen Pole:

Digitized by Google

R	: −2R	= 38° 35′	
R	: −2R	= 73 20	
−2R	: −2R	= 76 37	
−2R	: $-\frac{1}{2}$R3	= 16 25	16° 40′
−2R	: $-\frac{1}{2}$R	= 15 15	
$-\frac{1}{2}$R3	: $-\frac{1}{2}$R3	= 43 32	

No. 104. An einem Kristall waren am antilogen Pole die Formen $-\frac{1}{2}$R, $-\frac{1}{2}$R3, R und R3 entwickelt. Er ist von dunkelgrüner Färbung, enthält einen kräftigen Sprung senkrecht zur Längsrichtung und ist klar durchsichtig. $-\frac{1}{2}$R und $-\frac{1}{2}$R3, die bei weitem am ausgedehntesten Formen, sind mit einer rötlichen Zersetzungsmasse überzogen und dadurch nicht meßbar geworden. $-\frac{1}{2}$R3 zeigt außerdem eine deutliche Streifung nach den Kanten mit dem Hauptrhomboeder. Diese Streifung ist durch alternierende Wiederholung von $-\frac{1}{2}$R3 und R entstanden. Sie setzt sich auch auf den Flächen von R fort, wodurch deren Reflexbilder stark in die Breite gezerrt werden. Das Skalenoeder ist nur mit der Hälfte seiner Flächen entwickelt, die glänzend und glatt sind und sich gut messen lassen. In der Prismenzone, die nicht gemessen werden konnte, herrscht entschieden ∞P2 vor und gibt dem Kristall einen sechsseitigen Querschnitt. Die Kanten werden einmal durch −∞R schmal abgestumpft. Das Resultat der Winkelablesung war folgendes:

R	: R	= 46° 54′
R	: R3	= 28 59
R3	: R3	= 30 33

No. 105. Ebenfalls ist nur an einem Kristall die Kombination der Formen $-\frac{1}{2}$R, −2R, $-\frac{1}{2}$R3 und R3 vertreten. Es ist ein kurzer, dunkelgrüner Turmalin, der frei von Rissen und klar durchsichtig ist. Von den matt und eben ausgebildeten Flächen des Rhomboeders $-\frac{1}{2}$R liefert eine einen schwachleuchtenden, scharfen Reflex. Die Flächen von $-\frac{1}{2}$R3 sind ziemlich ausgedehnt, mattglänzend und wie gewöhnlich nach den schärferen Kanten fein gestreift. Die drei kleinen und glänzenden Dreiecksflächen von −2R gaben leuchtende, scharfe Signale. Das Skalenoeder R3 ist mit zwei benachbarten, kleinen Flächen entwickelt, die jedoch keinen Reflex lieferten. Am Aufbau der Prismenflächen beteiligten sich

Digitized by Google

∞P2 und $-\infty$R. Sie sind streifig und etwas zylindrisch abgerundet. Am antilogen Pole ergaben sich folgende Winkel:

$-2R$	: $-\frac{1}{2}R3$	= 16° 46′	16° 49′
$-\frac{1}{2}R3$	: $-\frac{1}{2}R3$	= 43 26	
$-\frac{1}{2}R3$	: $-\frac{7}{2}R$	= 21 5	
$-\frac{1}{2}R3$	: $-\frac{7}{2}R$	= 30 3	
$-2R$	: $-\frac{7}{2}R$	= 15 6	

An den drei folgenden Kristallen treten R und $-2R$ zu den Formen $-\frac{7}{2}R$, $-\frac{1}{2}R3$, R3 hinzu.

No. 106 ist ein dunkelgrüner Kristall, an dessen abgebrochenem Ende die bekannte bräunlichgrüne Schichtung nach der Basis auftritt. Er ist klar durchsichtig und nur zart gesprungen. Die Flächen von $-\frac{7}{2}R$ sind zu matt, um zu reflektieren. $-\frac{1}{2}R3$ ist mit voller Anzahl seiner Flächen vorhanden. Sie sind glänzend und fein gestreift nach den Kanten mit R. Eine von ihnen zeigt einen deutlichen Knick nach derselben Richtung. Die zarte Streifung greift auf die Rhomboederflächen R hinüber, die zweimal die schärferen Kanten von $-\frac{1}{2}R3$ schmal abstumpfen. Ihre Reflexbilder sind dadurch undeutlich und schwach geworden. Von $-2R$ und R3 ist je eine Fläche am Kristall ausgebildet, $-2R$ mit glänzender und R3 mit kaum reflektierender Oberflächenbeschaffenheit. In der Prismenzone herrscht ∞P2 entschieden vor. Seine Kanten werden nur durch schmälere Flächen von $-\infty$R abgestumpft. Messungen konnten in ihr nicht vorgenommen werden. Die Endflächen bildeten folgende Winkel miteinander:

R	: R	= 47° 1′			
R	: $-\frac{1}{2}R3$	= 21 43	22° 1′	21° 55′	21° 27′
$-2R$	: $-\frac{1}{2}R3$	= 16 48	16 49		
R	: $-2R$	= 38 50	38 43		
$-\frac{1}{2}R3$	: $-\frac{1}{2}R3$	= 43 44	43 22		
$-2R$	: ∞R	= 45 1			
R	: $-\frac{1}{2}R3$	= 38 31			
$-\frac{1}{2}R3$	: R3	= 24 23			

No. 107 (Taf. V Fig. 9) ist ein langer dunkelgrüner Kristall, der einige Male senkrecht zur Hauptrichtung gesprungen, sonst aber klar durchsichtig ist. Es treten am antilogen Pole $-\frac{7}{2}R$, R, $-\frac{1}{2}R3$ und R3 mit sämtlichen Flächen auf, und zwar $-\frac{1}{2}R3$ und R3 bereits sehr ausgedehnt. Die

Digitized by Google

Oberflächenbeschaffenheit von R3 ist minder gut, nicht ganz eben und wenig glänzend. Von $-\frac{1}{2}$R3 sind einige Flächen stark glänzend, alle aber wie gewöhnlich nach den Kanten mit R fein gestreift. R ist glänzend und liefert gute Reflexbilder. $-\frac{1}{2}$R tritt an diesem Kristall schon sehr zurück, ohne jedoch aufzuhören, Träger der Kombination zu sein. Seine Flächen sind sämtlich rauh und spiegeln nicht. Von -2R haben sich nur zwei kleine, glänzende und vollkommen ebene Flächen ausgebildet. Unter den Prismenflächen herrscht ∞P2 vor, daneben tritt auch $-\infty$R mit zwei, ∞R mit einer Fläche deutlich hervor. Die Streifung auf ihnen war weniger ausgeprägt, so daß verschiedene zur Messung brauchbare Reflexbilder entstanden. Am antilogen Pole wurden folgende Winkel bestimmt:

R : -2R	= 38°33′	38°32′	38°34′	
R : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 36	21 47	21 45	21°40′
-2R : $-\frac{1}{2}$R3	= 16 46	16 52	16 49	
R3 : R3	= 30 43			

in der Prismenzone:

		30°4′					
4°56′	2°0′	1°34′	21°11′	0°23′	29°56′	29°52′	29°57′
∞P2		: $\infty P\frac{9}{5}$	:		∞R : ∞P2	: ∞R	: ∞P2
			60°10′		120°1′		
60°0′		26°57′	23°8′	10°5′	9°41′	110°20′	
	: ∞P2	: $\infty P\frac{9}{4}$	: $\infty P\frac{9}{7}$	: ∞P2	: $\infty P\frac{9}{7}$	: ∞P2	

No. 108 (Taf. V Fig. 11) ist ein kleiner Turmalin. Am abgebrochenen Ende erscheint er hellgrün durchsichtig, nach dem ausgebildeten Pole zu baut er sich aus dunkler grün gefärbten Schichten auf, die sich parallel zur Endbegrenzung abgelagert haben. Er ist ziemlich frei von Sprüngen. R, $-\frac{1}{2}$R3 und -2R sind in voller Anzahl ihrer Flächen entwickelt und stark glänzend. Über die von R und $-\frac{1}{2}$R3 erstreckt sich die bekannte, feine Streifung nach den Kanten R : $-\frac{1}{2}$R3, doch sind die Reflexe dieser Flächen sehr gut einstellbar. $-\frac{1}{2}$R ist ebenfalls mit sämtlichen Flächen vertreten, die aber nicht reflektierten. Es tritt an diesem Kristall bereits sehr zurück und ist kaum noch Träger der Kombination zu nennen. Vom Skalenoeder R3 sind nur 2 Flächen vorhanden. Sie bleiben untergeordnet, eine von ihnen reflektiert scharfe und leuchtende Bilder. Die Prismenflächen, unter

Digitized by Google

denen ∞P2 vorherrscht und —∞R mit einer sehr ausgedehnten Fläche vorkommt, sind stark der Länge nach gerillt. Bei der Messung der Flächen des antilogen Poles ergab sich:

R : —2R	= 38°23′	38°37′	38°36′	38°32′	38°29′	38°44′
—2R : —½R3	= 16 47	16 47	16 54	16 58	16 48	16 51
R : —½R3	= 21 36	21 50	21 42	21 34	21 43	21 53
—½R3 : R3	= 24 30					
—½R3 : R	= 38 34					

An 3 Kristallen tritt zu den Formen der vorigen Kombination —½R, R, —2R, —½R3, R3 noch das Skalenoeder —2R2 untergeordnet mit einigen Flächen hinzu, die meistens mattglänzend, aber glatt sind.

No. 109 ist dunkelgrün gefärbt mit einem Stich ins Gelbe. Die Endflächen seines antilogen Poles sind nur wenig glänzend. Sie reflektieren entweder gar nicht, oder nur sehr schwach und undeutlich, so daß die erhaltenen Winkelwerte wenig Wert haben. Die Flächen von —½R sind bei weitem am ausgedehntesten, eben ausgebildet und mit einer feinen Schicht gelbroter Masse überzogen. Die übrigen Formen sind nur sehr klein geblieben, die Kanten zwischen ihnen häufig abgerollt. Noch verhältnismäßig gute Reflexe lieferte —2R. Unter den Prismenflächen herrscht ∞P2 vor. Sie sind stark gestreift und tragen tiefere Furchen, so daß sie nicht gemessen werden konnten. Die Messung der Endflächen ergab:

R : —2R	= 37°56′	37°36′	(sehr unsichere Werte)
R3 : R3	= 30 57		
R3 : —2R2	= 23 58	23 32	(desgleichen).

No. 110 ist ein dunkelgrüner Kristall und besitzt schmale bräunlichgrüne Schichten, die sich parallel zur Basis abgesetzt haben. Er ist nur wenig rissig und klar durchsichtig. Die Flächen des Rhomboeders —½R sind matt und eben und reflektieren nur schwach und verschwommen. Diejenigen des Skalenoeders —½R3 sind ausgedehnt und durch besonderen Glanz ausgezeichnet. Auch tritt die bekannte Streifung nach den Kanten mit R fast ganz zurück. R ist nur einmal, —2R zweimal vertreten, beide Formen jedoch glänzend und gut meßbar. Untergeordnete Rollen spielen die Skalenoeder R3 und —2R2, die nur mit einigen Flächen ausgebildet sind, R3 außerdem noch schlecht spiegelnd. Die Prismenflächen

Digitized by Google

sind gekrümmt und gestreift. $-\infty R$ ist am ausgedehntesten und wird von einigen kleineren Flächen von $\infty P2$ begleitet. Die Messung der Endflächen gab folgende Winkelwerte:

R : −2R	= 38°40′			
R : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 48	21°30′		
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3	= 43 22			
$-\frac{1}{2}$R3 : −2R	= 16 52	16 51	16°48′	
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R	= 30 2			
$-\frac{1}{2}$R : −2R2	= 12 21	12 12		

No. 111 ist ebenfalls klar dunkelgrün durchsichtig und fast frei von Sprüngen. R, −2R und $-\frac{1}{2}$R3 sind glänzend und mit allen Flächen entwickelt, $-\frac{1}{2}$R3 nicht ganz frei von der bekannten Streifung. Von den Skalenoedern R3 und −2R2 kommen nur je 2 Flächen vor, die ganz untergeordnet bleiben und sehr schwache, verschwommene Reflexbilder geben. $-\frac{7}{2}$R ist matt und eben, reflektiert aber nicht. Es tritt an diesem Kristall wieder mehr zurück, ohne jedoch aufzuhören, die Hauptform des antilogen Poles zu sein. Die prismatische Begrenzung wird von $\infty P2$ und $-\infty R$ gebildet, die aber nur stark gestreifte und abgerundete Flächen besitzen. Das Resultat der Winkelbestimmung am antilogen Pole war folgendes:

R : R	= 46°58′					
R : −2R	= 38 32	38°18′	38°33′	38°28′		
R : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 57	21 35	21 40	21 50		
−2R : $-\frac{1}{2}$R3	= 16 48	16 43	16 43	16 48	16°42′	16°42′
−2R : −2R2	= 19 43	19 29				
−2R : $\infty P2$	= 51 30					
R : R3	= 29 1	28 57				
R3 : $\infty P2$	= 37 37					
$-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3	= 43 32	43 27	43 30			

No. 112 ist ein hellgrün mit einem Stich ins Bläuliche gefärbter, kleiner Kristall. Die Prismenflächen sind fein gestreift, aber doch gemessen worden. Die Endflächen des antilogen Poles gehören den Formen $-\frac{7}{2}$R, R, $-\frac{1}{2}$R3, R3 sind aber mit Ausnahme von zweien des Skalenoeders R3 nicht zu messen gewesen. In der Prismenzone wurden mit dem Reflexionsgoniometer die Prismen $\infty P2$, ∞R, $\infty P\frac{5}{1}$ und $\infty P\frac{1}{0}$ konstatiert:

29°47′ 29°50′ 30°0′ 30°0′ 30°22′ 15°4′ 15°48′ (30°52′) 33°43′ 25°31 59°55′

$\infty P2 : -\infty R : \infty P2 : \infty R : \infty P2 : \infty P\frac{5}{1} : -\infty R : \infty P\frac{1}{0} : \infty P2 : \infty P2.$

Digitized by Google

Am antilogen Pole:

$$R3 : R3 = 30°40'$$
$$R3 : \infty P2 = 74\ 53$$

No. 113 ist gleichfalls hellgrün gefärbt mit einem Stich ins Bläuliche. Er ist in wasserklaren Bergkristall eingewachsen, so daß eine Messung seiner z. T. glänzenden Endflächen nicht möglich war. Sie gehören den Formen $-\frac{1}{2}R$, R, $-\frac{1}{4}R3$ und R3 an. Von ihnen sind diejenigen des Skalenoeders R3 ausgedehnt und tun sich durch besonders glatte und glänzende Beschaffenheit hervor. $-\frac{1}{2}R3$ ist ebenfalls glänzend und nach der Kante mit R fein gestreift. $-\frac{1}{4}R$ ist matt glänzend und eben. Der Kopf ist zur Hälfte im Quarz verborgen. Die ziemlich lange und ca. einen halben Centimeter dicke Säule durchdringt den Quarzkristall schräg von unten nach oben. Der analoge Pol ragt aus ihm heraus, ist aber abgebrochen.

b) Kristalle mit untergeordnetem $-\frac{1}{2}R$. (No. 114—121.)

An den folgenden 8 Kristallen nimmt $-\frac{1}{2}R$ nur noch eine untergeordnete Rolle ein. Die Flächen anderer Formen übertreffen die seinigen bei weitem an Ausdehnung.

No. 114. So ist bei einem lichtgrün gefärbten Turmalin das Skalenoeder R3 die herrschende Form, das mit zwei großen, glänzenden Flächen am antilogen Pole ausgebildet ist. Die eine von ihnen liefert allerdings wegen nicht ebener Beschaffenheit sehr zerstreute Reflexbilder. Außer diesen beiden Flächen sind nur zwei mattglänzende des Skalenoeders $-\frac{1}{2}R3$ und untergeordnet drei rauhe Flächen vorhanden, die vermutlich dem Rhomboeder $-\frac{1}{2}R$ zugehören. Die Prismen sind gestreift und nicht meßbar. Der Kristall ist nicht rissig und klar durchsichtig. Es wurden nur die beiden Winkel gemessen:

$$R3 : R3 = 30°36'$$
$$R3 : -\frac{1}{2}R3 = 24\ 28$$

No. 115. In besserer Ausbildung kommen dieselben Formen R3, $-\frac{1}{2}R3$, $-\frac{1}{2}R$ an einem kleinen, klar hellbläulichgrün durchsichtigen Kristalle vor, an dem überdies das Hauptrhomboeder R mit allen Flächen stark glänzend auftritt. Die Skalenoeder R3 und $-\frac{1}{2}R3$ übertreffen $-\frac{1}{2}R$ bei weitem an

Digitized by Google

Ausdehnung. Die Flächen von R3 sind glänzend und eben und können gut gemessen werden; diejenigen von $-\frac{1}{2}$R3 liefern teils gar keine, teils nur ganz schwach leuchtende Reflexe. $-\frac{7}{2}$R ist glatt und mattglänzend und reflektiert schwach aber scharf. Die Prismen konnten nicht gemessen werden. Es sind hauptsächlich ∞P2 und −∞R unter ihnen vertreten. Die Messung hatte folgendes Resultat:

R :	R =	46°43′	47 1′		
R :	$-\frac{1}{2}$R3 =	21 47	21 23	21°49′	
R :	R3 =	28 55	29 0′	28 58	29° 6′
$-\frac{7}{2}$R :	R3 =	34 56	35 0′	34 54	34 42
$-\frac{7}{2}$R :	$-\frac{1}{2}$R3 =	29 44			
R3 :	∞P2 =	37 33	37 31	37 38	
R :	∞P2 =	66 38	66 42	66 32	66 38
R3 :	R3 =	30 48	30 36		

Die übrigen 6 Kristalle stimmen überein in der Färbung und haben am antilogen Pole sämtlich die Formen R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, −2R2 und $-\frac{7}{2}$R entwickelt. Bei einem tritt keine weitere Form auf, bei dreien noch außerdem das Rhomboeder −2R und bei den letzten zweien −2R und das Skalenoeder R5. Die Farbe der Kristalle ist dunkelgrün mit einem Stich ins Bräunliche. Sie sind sehr klar durchsichtig und ziemlich frei von Sprüngen.

No. 116. Die Endflächen des antilogen Poles bilden an diesem Kristall die Kombination $-\frac{1}{2}$R3, R3, R, −2R2 und $-\frac{7}{2}$R. Ihre Ausbildung ist z. T. sehr schlecht. Diejenigen von $-\frac{1}{2}$R3 sind mit einer rötlichgelben Schicht bedeckt und dadurch für die Messung unbrauchbar geworden. $-\frac{7}{2}$R ist sehr rauh und tritt ganz zurück, so daß diese Form mit voller Sicherheit nicht festgestellt werden konnte. R tritt einmal als gerade Abstumpfungsfläche von $-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3 auf, reflektiert aber kaum sichtbar. Glänzend und glatt sind allein je 2 Flächen der Skalenoeder R3 und −2R2, die in einer Zone liegen. Durch das Vorherrschen des Prismas ∞P2 erhält der Kristall einen hexagonalen Querschnitt. Doch sind die Flächen nicht meßbar. Es wurden die Winkel bestimmt:

R3 :	R3 =	30°42′	
R3 :	−2R2 =	23 59	24°1′
−2R2 :	−2R2 =	24 25	
R3 :	$-\frac{1}{2}$R3 =	24 48	
R :	R3 =	28 58	

Digitized by Google

No. 117 (Taf. V Fig. 15 und Idealfig. V, 7). In diesem Kristall haben sich die grünlichbraunen Substanzen wieder in schmalen, zu den Endflächen parallel laufenden Schichten abgesetzt, während die übrige Masse des Kristalls dunkelgrün erscheint. Die Endflächen sind stark verzerrt. $-\frac{1}{2}$R3 herrscht vor. Seine Flächen sind in bekannter Weise fein parallel zu den Kanten mit R gestreift und reflektieren Lichtbänder mit kaum erkennbarem Hauptreflex. Die schmale R-Fläche ist glänzend und spiegelt gut. —2R, —2R2 und R3 treten mit glänzenden Flächen auf, —2R mit allen Flächen, insbesondere einmal als ziemlich großes, vorzüglich ebenes Dreieck, das einen prachtvollen Einzelreflex liefert, —2R2 und R3 nur untergeordnet, wie in der Figur eingezeichnet ist. Von den Prismenflächen sind nur diejenigen von ∞P2 stärker entwickelt. Am antilogen Pole wurden die Winkel gemessen:

R : R	= 46°59′					
R : −2R	= 38 24	38°41′	38°36′	38°31′		
R : R3	= 29 0′	29 2	28 57			
−2R : −2R2	= 19 45	19 11	19 14			
−2R : $-\frac{1}{2}$R	= 15 17					
$-\frac{1}{2}$R : ∞R	= 28 47					
R3 : −2R2	= 24 4	24 3	23 50	24 3	24°9′	
R3 : R3	= 30 42	30 51	30 47			

In der Prismenzone wurden keine Winkel bestimmt.

No. 118 enthält am antilogen Pole dieselbe Formenkombination wie 117, aber in sehr viel schlechterer Beschaffenheit. $-\frac{1}{2}$R3 herrscht wieder vor, ist aber durch eine rötlichgelbe Schicht, die sich auf seinen Flächen abgelagert hat, für die Messung unbrauchbar geworden. Auch R, das nur einmal auftritt, ist wenig glänzend und reflektiert kaum sichtbar. Eine kleine, sehr glänzende, dreieckige Fläche gehört dem Rhomboeder —2R an. Sie liefert einen scharfen Reflex. Die Flächen von —2R2 treten zwar nur klein und untergeordnet auf, sind aber gut meßbar. R3 ist mit sämtlichen Flächen vorhanden, die aber nicht immer ganz eben sind. Eine kleine, rauhe Fläche gehört wahrscheinlich zum Rhomboeder $-\frac{7}{2}$R. In der Prismenzone entstehen durch einspringende Winkel tiefere Furchen. Auch sonst gestattet die stark streifige und zylindrisch abgerundete Ausbildung dieser Flächen keine Messung. Es wurden erhalten:

Digitized by Google

R : −2R	= 38°38′				
−2R : −2R2	= 18 30				
R3 : R3	= 30 45	30°39′			
R3 : −2R2	= 24 2	24 1	24°12′	24°4′	
−2R2 : −2R2	= 25 1				

No. 119. Hier haben sich die bräunlichgrünen Substanzen in der dunkelgrünen Masse wieder schichtenweise abgelagert. Am antilogen Pole treten die gleichen Formen auf wie bei 117 und 118. Sie sind stark verzerrt, und ihre Flächen nur teilweise spiegelnd. $-\frac{1}{2}$R3 herrscht wieder vor, besonders zwei Flächen sind sehr ausgedehnt, aber nach den Kanten mit R gestreift, so daß sie bei der Einstellung Lichtbänder mit vielen Reflexbildern lieferten, unter denen der Hauptreflex schwer zu erkennen war. R tritt als schmale Abstumpfungsfläche auf, ist glänzend und reflektiert gut. −2R ist nur untergeordnet, aber gut meßbar. R3 kommt mit sämtlichen Flächen hinzu, die glänzende und scharfe Reflexe geben. Minder gut sind die von −2R2 entwickelten Flächen, die nur mit Mühe einzustellen sind. Die prismatische Begrenzung des Kristalls wird von ∞P2 und −∞R gebildet.

In der Prismenzone wurden die Winkel gemessen:

		60°21′				30°3′		
59°42′	58°2′	7°19′	89°57′	13°57′	16°6′			
∞P2 :	∞P2 :	∞P$\frac{8}{7}$:	∞P2 :	∞R :	∞P$\frac{4}{5}$:	∞P2 :		
			89°59′					
58°4′	12°18′	16°7′	3°30′	29°58′				
∞P$\frac{18}{17}$:	∞P$\frac{9}{7}$:	∞P$\frac{18}{11}$:	∞R :	∞P2				

am antilogen Pole:

R : −2R	= 38°32′	38°26′	
R : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 27	21 40	
−2R : $-\frac{1}{2}$R3	= 17 5	16 50	
−2R : $-\frac{1}{3}$R	= 14 46		
$-\frac{1}{3}$R : −2R2	= 12 15	12 13	
−2R2 : R3	= 24 8		

No. 120 enthält überdies noch das Skalenoeder R5 mit zwei Flächen, von denen eine einen schwachen und etwas zerstreuten Reflex gab. An ihm ist die auf R und $-\frac{1}{2}$R3 ausgeprägte Streifung sehr stark. Eine Fläche von R gab einen guten Reflex, die andere war nur matt und nicht meß-

Digitized by Google

bar. Von —2R ist eine verhältnismäßig große, sehr gut spiegelnde Fläche vorhanden. —$\frac{7}{2}$R tritt mit kleinen Flächen auf, von denen nur eine einen schwachen Reflex lieferte. Die Skalenoeder R3 und —2R2 sind nur mattglänzend. Die Prismenzone konnte nicht gemessen werden. Am Aufbau der Prismenflächen beteiligen sich ∞P2 und —∞R. Es wurden folgende Winkel gefunden:

R	: —2R	=	38° 29′
R3	: R3	=	30 50
R3	: R5	=	12 40
R3	: —2R2	=	24 7
—2R2	: —$\frac{7}{2}$R	=	19 23

No. 121 (Taf. V Fig. 12 und Idealfig. V, 8). Der letzte Kristall aus der Gruppe der Turmaline, an deren antilogem Pole das Rhomboeder —$\frac{7}{2}$R entwickelt ist, hat dieselbe Formenkombination wie 120, nur sind die Flächen an ihm durch besonderen Glanz ausgezeichnet. Er ist am abgebrochenen Ende hellgelbgrün und wird erst nach dem ausgebildeten Ende zu dunkelgrün mit einem Stich ins Bräunliche. —$\frac{1}{2}$R3 herrscht vor mit sehr ungleich großen, glänzenden Flächen, die sämtlich, wie auch die von R, äußerst fein in bekannter Weise gestreift sind. —2R ist glänzend und sehr glatt. Auch die Flächen von R3 reflektieren leuchtend und scharf. R5 bildet zwei schmale, ganz untergeordnete Flächen von hohem Glanze, die eben noch meßbar sind. —$\frac{7}{2}$R und —2R2 sind mit je einer Fläche vertreten, —$\frac{7}{2}$R rauh und nicht spiegelnd, —2R2 als ganz kleine Fläche, die ein wohl einstellbares Bild liefert. In der Prismenzone wurde keine Messung vorgenommen. Die Flächen waren zu sehr gestreift und zylindrisch abgerundet. Sie gehören zu den Formen ∞P2 und —∞R. Die Winkelbestimmung am antilogen Pole hatte folgendes Ergebnis:

R	: R	= 47° 3′						
R	: —2R	= 38 27	38° 44′	38° 46′	38° 26′	38° 33′	38° 53′	
R	: —$\frac{1}{2}$R3	= 21 39	21 54	21 51	21 30	21 37	21 48	
—2R	: —$\frac{1}{2}$R3	= 16 56	16 56	16 47	16 48	16 50	16 55	
R	: R3	= 28 59	28 58					
—2R	: —2R2	= 19 23						
—2R	: ∞P2	= 51 39	51 25	51 18	51 50			
R3	: R5	= 12 52	13 20					
R5	: ∞P2	= 24 10	24 28					

Digitized by Google

4. Kristalle ohne $-\frac{7}{2}R$; $-\frac{1}{2}R3$ ist Hauptform des antilogen Poles. (No. 122—134.)

An den noch zu beschreibenden Kristallen tritt $-\frac{7}{2}R$ als Endbegrenzung nicht mehr auf. An 13 Kristallen ist $-\frac{1}{2}R3$ die Hauptform. Sie sind sämtlich dunkelgrün gefärbt und werden im folgenden nach den an ihren antilogen Enden auftretenden Kombinationen in folgende Untergruppen zusammengefaßt.

a) $-\frac{1}{2}R3$ und R. (No. 122 und 123.)

An zwei Kristallen ist neben $-\frac{1}{2}R3$ nur das Hauptrhomboeder R am antilogen Pole ausgebildet. Bei No. 122 sind sowohl die Flächen von $-\frac{1}{2}R3$ als auch die von R matt, so daß sie nur mit Hilfe des Anlegegoniometers gemessen werden konnten. Die Farbe geht nach dem abgebrochenen Ende zu in dunkelbräunlichgrün über. Der Kristall ist trüb durchsichtig und fast frei von Sprüngen. Die Kanten zwischen den End- und Prismenflächen sind abgerollt. Auf den Endflächen befindet sich ein mit rötlicher Masse gefülltes Grübchen. In der Prismenzone konnte ebenfalls nichts gemessen werden. Die Prismenflächen sind fein gestreift, abgerundet und bilden einspringende Winkel.

An No. 123 treten R und $-\frac{1}{2}R3$ fast im Gleichgewicht auf, beide glänzend, $-\frac{1}{2}R3$ aber durch Wachstumsstörungen uneben ausgebildet. Die Flächen dieses Skalenoeders geben neben vielen, wirr durcheinanderliegenden Reflexen einen von ihnen kaum zu unterscheidenden Hauptreflex. R dagegen ist glatt und eben. Unter den Prismenflächen sind die Formen $\infty P2$ und ∞R deutlich zu erkennen, aber nicht zu messen.

R : R	=	46°53′	47°1′ 46°50′
$+\frac{1}{2}R3 : -\frac{1}{2}R3$	=	21 30	

Anhangsweise ist bei dieser Untergruppe ein schwarzgrüner Kristall zu erwähnen, dessen antiloger Pol das Skalenoeder $-\frac{1}{2}R3$ sehr ausgedehnt enthält, neben den Flächen einer oder mehrerer Formen, die nicht festzustellen waren, weil die Flächen durch Verwitterung rauh und undeutlich geworden waren.

Digitized by Google

b) $-\frac{1}{2}$R3, R, R3. (No. 125—128.)

No. 125. An ihm findet sich R3 als äußerst kleine, aber glänzende Fläche neben den rauhen des Skalenoeders $-\frac{1}{2}$R3, dessen schärfere und stumpfere Kombinationskanten abgerollt, oder durch rauhe, schmale Flächen der Rhomboeder R und $-\frac{5}{4}$R abgestumpft sind. Die dunkelgrüne Färbung am ausgebildeten Ende geht nach dem abgebrochenen Ende zu in dunkelbräunlichgrün über. Der Kristall ist klar durchsichtig und nicht rissig. Die Prismenflächen sind stark gerieft und abgerundet. Der Querschnitt durch sie ist trigonal infolge des Vorherrschens von $+\infty$R.

No. 126 (Taf. IV Fig. 12) ist ein kurzprismatischer, dicker Turmalin von einheitlich dunkelgrüner Färbung, klar durchsichtig und nur wenig rissig. Die Flächen von $-\frac{1}{2}$R3 sind nach den Kanten mit R gestreift und häufig geknickt, doch nicht glänzend genug, um mit Reflexionsgoniometer gemessen werden zu können. R liefert schon brauchbare Reflexe und ist ebenfalls fein gestreift in der Richtung der kleineren Diagonale. R3 bleibt noch ganz untergeordnet und ist nur mit zwei, zwar verhältnismäßig glänzenden, aber doch nicht meßbaren Flächen entwickelt. Die Prismenflächen sind stark vertikal gestreift und gestatten keine Messung. Unter ihnen herrschen ∞P2 und $-\infty$R vor.

R : R = 46°56′ 47°17′.

No. 127 (Taf. IV Fig. 10). An ihm sind drei Flächen des Skalenoeders R3 ausgedehnter und glänzend ausgebildet. Daneben treten zwei wohl spiegelnde Flächen von R und drei nur mattglänzende von $-\frac{1}{2}$R3 auf. Das Kopfende ist stark verletzt. Es wurde gemessen:

R : R	= 46°49′		
R : $-\frac{1}{2}$R3	= 21 51	21°28′	21°36′
R : $-\frac{1}{2}$R3	= 38 15		
R3 : $-\frac{1}{2}$R3	= 24 34	24 35	
R3 : ∞P2	= 74 39		
R3 : R3	= 30 45		
R3 : R	= 29 9		
R3 : ∞P2	= 37 32		
$-\frac{1}{2}$R3 : ∞P2	= 68 5		

und in der Prismenzone:

28°23′ 3°21′ 28°30′

Digitized by Google

No. 128 (Taf. V Fig. 5) ist am abgebrochenen Ende gelbgrün, am ausgebildeten dunkelgrün gefärbt. R, $-\frac{1}{2}$R3 und R3 treten in starker Verzerrung auf. R ist ausgedehnt und besonders glänzend und eben; $-\frac{1}{2}$R3 ebenfalls glänzend, aber fein gestreift nach den Kanten mit R. Die Reflexe sind daher minder gut. R3 ist stark ausgedehnt, und sämtliche Flächen sind verhältnismäßig matt. Sie spiegeln äußerst schwach. Unter den Prismenflächen sind die beiden dreiseitigen ∞R besonders ausgedehnt. Da die Streifung auf ihnen nur zart war, ist eine Messung vorgenommen. Sie hat ergeben:

30°25′ 89°48′ 30°16′ 89°47′ 59°56′ 30°0′ 29°59′
∞P2 : ∞R : ∞P2 : ∞R : ∞P2 : ∞P2 : ∞R : ∞P2

und an den Endflächen:

R : R = 46°48′ 46°54′
R : R3 = 29 15 29 26
R : $-\frac{1}{2}$R3 = 21 46 21 49 21°44′ 21°29′ 21°43′ 21°34′.

c) $-\frac{1}{2}$R3, R, $-$2R. (No. 129.)

An einem Kristall von dunkelbläulichgrüner Färbung ist das matt und uneben ausgebildete Skalenoeder $-\frac{1}{2}$R3 verbunden mit R und $-$2R. Die Rhomboederflächen sind stark spiegelnd und können scharf eingestellt werden. Die Prismenflächen bilden einspringende Winkel und sind fein gestreift und abgerundet. Es sind unter ihnen die von ∞R und ∞P2 die vorherrschenden. Folgende Winkel wurden gemessen:

R : R = 47° 0′
R : $-$2R = 38 23 38°30′ 38°32′.

d) $-\frac{1}{2}$R3, R, $-$2R, R3.

No. 130 (Taf. V Fig. 4 und Idealfig. IV, 9). Er ist am abgebrochenen Ende hellgelblichgrün und am ausgebildeten dunkelgrün gefärbt. R und $-\frac{1}{2}$R3 sind glänzend und fein gestreift. Es ist nur ein Teil ihrer Flächen vertreten, die prachtvoll scharfe und leuchtende Reflexbilder geben. $-$2R tritt nur mit einer untergeordneten Fläche hinzu und entwirft ein kaum meßbares Reflexbild. Vom Skalenoeder R3 sind zwei kleine Flächen von minder gutem Glanze entwickelt, die nicht gemessen wurden. Die Prismenflächen sind gestreift. Es herrscht das sechsseitige Prisma ∞P2 vor. Am antilogen Pole wurde gemessen:

Digitized by Google

R : — 2R	= 38°33′			
R : R	= 47 0			
R : — ½R3	= 21 43	21°46′	21°34′	21°57′
— ½R3 : — ½R3	= 21 16			

e) — ½R3, R, — 2R, R3, — 2R2. (No. 131—133.)

No. 131 (Taf. IV Fig. 11) ist einheitlich dunkelgrün, nicht rissig und klar durchsichtig. Das Skalenoeder — ½R3 ist die herrschende Form des antilogen Poles. Seine Flächen sind aber von einer feinen Schicht rötlichgelber Masse bedeckt und dadurch der Messung entzogen. Das Hauptrhomboeder ist ebenfalls matt und reflektiert nicht. Glänzend dagegen sind die am Rande des Kopfes auftretenden Flächen von — 2R, R3 und — 2R2, von denen die des Skalenoeders R3 die anderen an Ausdehnung übertreffen und sich durch besonderen Glanz hervortun. Sie sind nur nicht ganz eben, so daß teilweise Doppelreflexe entstehen. — 2R ist mit allen Flächen vorhanden, die glatt, eben und glänzend sind; — 2R2 mit nur zweien von minder gutem Glanze. Die Prismenflächen sind stark gekrümmt, gestreift und nicht meßbar. Am antilogen Pole wurden die Winkelwerte erhalten:

R : — 2R	= 38°24′	38°49′	
— 2R : — 2R2	= 19 22		
— 2R : ∞P2	= 51 23	51 34	
R3 : R3	= 30 34	30 48	
— 2R2 : R3	= 24 16	24 8	
R3 : ∞P2	= 37 53		
— 2R2 : ∞P2	= 32 12		

No. 132 ist klar dunkelgrün durchsichtig und frei von Sprüngen. R ist ziemlich ausgedehnt und von mattglänzender Oberflächenbeschaffenheit. — 2R tritt zweimal als stark glänzende, untergeordnete Fläche auf. Von R3 erreichen zwei Flächen größere Ausdehnung, zwei andere bleiben ganz untergeordnet, doch sind alle vier glänzend und glatt. Von — 2R2 kommen nur zwei winzige, kaum einstellbare Flächen vor. — ½R3 ist wie an 131 mit einer rötlichgelben Schicht zart überdeckt und unmeßbar geworden. Die Prismenflächen sind zur Winkelbestimmung ungeeignet. Es herrschen — ∞R und ∞P2 wahrscheinlich vor. Am antilogen Pole wurde gemessen:

Digitized by Google

R :	R = 47°14′			
R :	−2R = 38 18	38°33′	38°34′	
R :	R3 = 28 56	28 56		
R3 :	R3 = 30 39			
R3 :	2R2 = 24 12	24 9		

No. 133. Auch an ihm sind die Flächen der Hauptform des antilogen Poles, $-\frac{1}{2}$R3, von einer zarten, rötlichgelben Schicht überzogen und dadurch unmeßbar geworden. R ist nur einmal als rauhe, schmale Abstumpfungsfläche der Kante $-\frac{1}{2}$R3 : $-\frac{1}{2}$R3 vorhanden. Die Flächen von −2R sind wieder durch Glanz und glatte Beschaffenheit ausgezeichnet und reflektieren prachtvoll. −2R2 ist mit sämtlichen Flächen ausgebildet, doch bleiben sie nur untergeordnet. Von ihnen liefern zwei sehr gute Bilder, zwei spiegeln nur mäßig und zwei sind ganz matt und unmeßbar. Die Flächen von R3 sind sehr ungleich groß, zwei fehlen ganz, die übrigen sind stark glänzend und geben leuchtende, scharfe Bilder. Die Prismenflächen sind abgerundet und der Länge nach gerillt. Unter ihnen ist das Prisma ∞P2 deutlich zu erkennen. An Winkeln wurde am antilogen Pole gemessen:

−2R :	−2R = 77°5′	77°33′	77°6′		
−2R :	−2R2 = 18 55	19 20	19 20	19°23′	
−2R2 :	R3 = 24 8	24 13	24 10		
R3 :	R3 = 30 33	30 47			

f) R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, −2R2. (No. 134.)

No. 134 (Taf. V Fig. 6) ist dunkelbräunlichgrün, nahe dem abgebrochenen Ende stark gesprungen, sonst aber klar durchsichtig. Die Hauptform des antilogen Poles ist das Skalenoeder R3, dessen Flächen recht ungleich groß, aber vollkommen glatt und glänzend sind und, soweit sie ausgedehnt genug sind, prachtvolle Einzelreflexe liefern. $-\frac{1}{2}$R3 ist mit vier Flächen und schlecht ausgebildet vertreten. Unter den Prismenflächen konnte keine Messung vorgenommen werden. Es sind ∞P2 und −∞R vorherrschend. Die Winkelbestimmung am antilogen Pole hatte folgendes Ergebnis:

R :	R = 47°12′		
R :	R3 = 29 —	28°48′	
R3 :	R3 = 30 34	30 45	30°43′
R3 :	−2R2 = 24 9		
R3 :	$-\frac{1}{2}$R3 = 24 54		

Digitized by Google

Der letzte Kristall bildet den Übergang zu einer neuen Gruppe von vier Kristallen, an denen $-\frac{1}{2}$R3 nicht mehr Träger der Kombination am antilogen Pole ist. Es sind blaugrün bis braungrün gefärbte Turmaline, die mit einer Ausnahme frei von Rissen und sehr klar durchsichtig sind.

5. Kristalle mit zurücktretendem $-\frac{1}{2}$R3. (No. 135—139.)

a) Die Kombination R, -2R, $-\frac{1}{2}$R3, R3, -2R2 und R5 am antilogen Pole. (No. 135—137.)

No. 135 (Taf. V Fig. 3). Dieser langprismatische Kristall ist aus abwechselnd blaugrün und braungrün gefärbten Schichten aufgebaut, die sich ungefähr parallel zur Endbegrenzung abgesetzt haben. R bildet drei Abstumpfungsflächen der schärferen Kanten von $-\frac{1}{2}$R3, von denen eine leuchtend und scharf, die beiden anderen wegen zarter Streifung nur matt und doppelt reflektieren. R3 ist bei weitem die herrschende Form des Poles und mit sämtlichen Flächen entwickelt. Alle sind stark glänzend und sehr gut meßbar, aber recht ungleich an Ausdehnung. -2R erscheint ebenso mit allen Flächen, die wie gewöhnlich glänzend und eben sind. -2R2 und R5 bleiben mit je zwei Flächen ganz untergeordnet, R5 als sehr schmale, glänzende Flächen mit kaum sichtbaren Reflexbildern. Von -2R2 reflektieren beide scharf und gut. Die Flächen von $-\frac{1}{2}$R3 bleiben klein, sind scharf gestreift nach den stumpferen Kombinationskanten. Auf einer von ihnen ist der Kristall verletzt. Die Prismenflächen konnten nicht gemessen werden, weil sie gestreift und sehr abgerundet sind. Es herrscht ∞P2 vor. Am antilogen Pole ergab die Messung:

R : R	= 47° 37′	47° 14′	46° 37′				
R : -2R	= 39 7						
R : R3	= 28 55	29 4	28 43	29° 16′	29° 31′	29° 22′	
-2R : -2R2	= 19 33						
-2R : R3	= 32 11	31 39					
R3 : R3	= 30 37	30 56	30 57				
R3 : R5	= 12 32	12 34					
R3 : ∞P2	= 37 15	37 15	37 13	37 9	37 22		
R3 : -2R2	= 23 52	23 59					

No. 136 gleicht dem vorhergehenden Kristall sowohl in Färbung als auch in der kristallographischen Ausbildung seines antilogen Poles. Die Flächen des Hauptrhomboeders

Digitized by Google

sind groß und mattglänzend, aber nicht ganz eben, so daß mehrfache Reflexe entstehen. —2R ist glatt und glänzend und sehr gut meßbar. —2R2 bleibt ganz untergeordnet, die Hälfte seiner Flächen fehlt ganz. Von R3 kommen sämtliche Flächen vor, die sich durch besonderen Glanz auszeichnen und sehr genaue Messung zulassen. R5 ist vollständig untergeordnet, mit zwei schmalen, lichtschwache Bilder entwerfenden Flächen entwickelt. Die Prismenflächen spiegelten teilweise sehr gut und waren von der üblichen Streifung ziemlich frei. Es ergab sich:

R : R	= 47° 19′	46° 30′	47° 7′			
R : —2R	= 38 57	38 12	38 43	38° 41′		
R : R3	= 28 55	28 43	29 14	29° 18′	29° 30′	28° 55′
—2R : —2R2	= 19 21	19 37				
—2R : ∞P2	= 51 18	51 33				
R3 : R5	= 12 25	12 52				
R3 : ∞P2	= 37 23	37 33	37 26	37 26		
R5 : ∞P2	= 24 33					
R3 : —½R3	= 24 30					
—2R2 : ∞P2	= 31 56					
R3 : ∞R	= 40 5					
—2R2 : R	= 45 27					

in der Prismenzone:

59° 49′	90° 24′	29° 50′	18° 0′	23° 42′
∞P2 : ∞P2	: ∞R	: ∞P2	: ∞P$\frac{9}{7}$	. ∞P$\frac{45}{13}$

No. 137 enthält einen kräftigen Sprung der Länge nach, ist sonst aber klar und durchsichtig, dunkelblaugrün gefärbt mit bräunlichgrünen Partien im Bezirk des abgebrochenen Poles. Auf seinen —½R3-Flächen erscheint die Streifung, die auch schon bei 135 und 136 ausgeprägt war und parallel zur stumpferen Kombinationskante verläuft, besonders stark. Die Rillen sind mit gelblicher Masse gefüllt, die Flächen im ganzen aber doch noch etwas spiegelnd. Das Hauptrhomboeder R ist mit drei glänzenden Flächen entwickelt, von denen aber eine infolge von nicht ganz ebener Beschaffenheit doppelt reflektiert. Von —2R sind ebenfalls alle Flächen vorhanden. Sie liefern gute, scharfe Reflexbilder. Die sonst noch am antilogen Pole ausgebildeten Formen sind untergeordnet, aber sämtlich glänzend, so daß sie bei genügender Ausdehnung wohl meßbar sind. Vom Skalenoeder R3 sind drei, von —2R2 und R5 je nur eine Fläche entwickelt. Die Prismen-

Digitized by Google

flächen sind gestreift, korrodiert und bilden einspringende Winkel. Sie konnten nicht gemessen werden. Das Resultat der Winkelbestimmung am antilogen Pole war:

R :	R	= 47°11′	47°4′		
R :	−2R	= 38 35	38 56	38°17′	38°55′
R :	R3	= 29 4	28 55	29 20	
−2R :	∞P2	= 51 32			
−2R :	−2R2	= 19 22			
R3 :	R5	= 12 58			
R3 :	∞P2	= 37 25			
R :	∞P2	= 66 30	66 45		
−2R :	R3	= 31 56	31 40		

No. 138. An dem antilogen Pole dieses Kristalls sind nur die unmittelbar an die Prismenflächen stoßenden Endflächen glänzend und ungestört erhalten geblieben, während die Mitte des Kopfes zerstoßen und unkenntlich geworden ist. Er ist am abgebrochenen analogen Pole blaugrün, am ausgebildeten braungrün gefärbt. Unter den Randflächen geben die des Skalenoeders −2R2 scharfe und z. T. leuchtende Reflexbilder. R3 ist nicht ganz eben und deshalb schwieriger meßbar. R5 kommt nur mit einer winzigen und kaum einstellbaren Fläche hinzu. Die Flächen von R, −2R und $-\frac{1}{2}$R3 fallen in den zerstoßenen und zerschrammten Teil des Kopfes. Ihre Reflexe sind, soweit sie sich überhaupt einstellen, in die Breite gezerrt und stark verwischt. Die Prismenflächen sind zylindrisch abgerundet und tragen tiefe Streifung. Der Querschnitt durch sie ist trigonal, doch werden die Kanten von ∞R durch kleinere Flächen von ∞P2 zugeschärft. Am antilogen Pole erhielt man die Winkel:

R :	R	= 46°50′	46°34′		
R :	−2R	= 38 42	38 21		
R :	∞P2	= 66 51	66 25		
R3 :	R	= 29 3	29 45	28°46′	
R3 :	R5	= 12 44	12 52		
−2R :	−2R2	= 19 27	19 22		
R :	$-\frac{1}{2}$R3	= 21 14			
−2R :	$-\frac{1}{2}$R3	= 17 18			
−2R2 :	∞P2	= 32 2			
R3 :	∞P2	= 37 11			
R5 :	∞P2	= 24 49			
R3 :	R3	= 31 0′	30 44		
R3 :	−2R2	= 24 8	24 1	23 58	

Digitized by Google

No. 139 (Taf. IV Fig. 15). Anhangsweise ist an dieser Stelle ein 1 cm langer Kristall zu nennen, der in bezug auf kristallographische Ausbildung seines antilogen Poles und Färbung von den vier voraufgehenden Kristallen etwas abweicht. Er ist hellbläulichgrün und infolge von Einschlüssen und verworrenen Spaltrissen im Bezirk des antilogen Poles nur trüb durchsichtig. Seine Endflächen sind sehr glänzend, aber sämtlich nicht ganz eben, wodurch die Einstellung häufig sehr erschwert wurde. Die Endbegrenzung bildet die Kombination R, $-2R$, R3, $-\frac{1}{2}R3$, $-2R2$ und 0R. Die drei ersten Formen sind mit sämtlichen Flächen entwickelt, das Skalenoeder $-2R2$ mit vier und $-\frac{1}{2}R3$ mit zwei Flächen. Die Basis ist rauh und verhältnismäßig groß. Die Prismenflächen konnten nicht gemessen werden. Die am antilogen Pole gemessenen Winkel schwanken zwischen sehr weiten Grenzen:

R : R	= 47° 5′			
R : $-\frac{1}{2}R3$	= 21 28	22° 28′		
R : $-2R$	= 39 0	38 5	38° 39′	38° 1′
R : R3	= 28 58	29 7		
$-2R$: $-\frac{1}{2}R3$	= 16 7	16 41		
$-2R$: $-2R2$	= 19 48	20 1	19 15	20 46

6. Kristalle ohne $-\frac{1}{2}R$ und $-\frac{1}{2}R3$. (No. 140–150.)

Dieser letzten Gruppe gehören 11 Kristalle an, an deren antilogem Pole einige oder alle Formen der Kombination R, $-2R$, R3, $-2R2$ ausgebildet sind. Sie bildet gewissermaßen eine Fortsetzung der dritten Gruppe, unterscheidet sich aber von ihr durch den größeren Flächenreichtum am antilogen Pole und die einheitlichere Färbung ihrer Exemplare. Eine weitere Einteilung innerhalb derselben geschieht nach der Kombination der an den Kristallen auftretenden Endformen.

a) R, $-2R$. R3 am antilogen Pole. (No. 140 und 141.)

No. 140 (Taf. IV Fig. 13) ist ein dunkelblaugrüner Kristall und zeigt im Bezirk des ausgebildeten Endes eine schmale, grünlichbraune Schicht, die sich parallel den Endflächen abgesetzt hat. Er ist frei von Sprüngen, klar durchsichtig, am Kopfe etwas korrodiert. Die Flächen von R sind sehr ungleich groß, die von $-2R$ nicht ganz eben, weshalb sie auseinandergezerrte Reflexbilder liefern. Über R und $-2R$

Digitized by Google

erstreckt sich eine feine Streifung, die von der kürzeren Diagonale der R-Flächen aus parallel der Kante R : R verläuft. Hiervon sind die Flächen des Skalenoeders R3 völlig frei. Auch sie sind sehr ungleich ausgedehnt, von vorzüglichem Glanze und sehr eben. Auf den Prismenflächen fehlt die vertikale Streifung. Sie konnten deshalb gemessen werden. Das Resultat war folgendes:

29°19′ 30°10′ 60°19′ 60°14′ 26°38′ 4°5′ 29°3′
∞P2 : ∞R : ∞P2 : ∞P2 : ∞P2 : $\infty P\frac{13}{40}$: ∞R : ∞P2
31°29′ 28°27′ 29°37′ 30°39′
$\infty P\frac{31}{30}$: ∞P2 : ∞R : ∞P2

und an den Endflächen:

R :	R	= 46° 9′	47° 9′	
R :	−2R	= 38 13	39 31	
R :	−2R	= 73 24		
R :	R3	= 29 30	29 37	28°59′
−2R :	R3	= 32 10	31 41	31 30
R3 :	R3	= 30 50		
R :	∞P2	= 66 40		
R3 :	∞P2	= 37 12		

No. 141, am ausgebildeten Ende dunkelblaugrün, am abgebrochenen mehr gelblichgrün gefärbt, ist ein sehr klar durchsichtiger, von Rissen ganz freier Kristall. An ihm ist eine tiefgreifende Furchung, die auch an einem anderen Kristall dieser Gruppe wiederkehrt, besonders deutlich ausgeprägt. Sie ist sehr scharfkantig und setzt über einen Teil der Flächen von −2R und R hinweg. Die Furchen sind von parallel gestellten, glänzenden Flächen gebildet, die der einen oder anderen am antilogen Pole ausgebildeten Form angehören. Hiervon werden die Flächen des Skalenoeders R3 nicht betroffen, die vielmehr glänzend und ungestört die brauchbarsten Reflexbilder liefern. In der Prismenzone dieses Kristalls wurden einige Flächen gemessen:

59°41′ 60°19′ 59°16′ 30°22′ 36°0′ 1°47′ 19°18′ 113°3′ 10°14′
d. h. ∞P2 : ∞P2 : ∞P2 : ∞P2 : ∞R : $\infty P\frac{8}{5}$: $\infty P\frac{18}{15}$: $\infty P\frac{8}{4}$: ∞R

am antilogen Pole:

R :	−2R	= 38°46′	38°27′	
R :	R3	= 29 11		
R3 :	R3	= 31 4	31 1	31°5′
R3 :	∞P2	= 37 14	37 12	
−2R :	∞P2	= 51 28		

Digitized by Google

b) R, −2R, R3, −2R2. (No. 142–148.)

No. 142 ist dunkelblaugrün gefärbt und zeigt in der Nähe des ausgebildeten Endes die bekannte bräunlichgrüne Schichtung nach den Endflächen. Das neu hinzukommende Skalenoeder −2R2 ist mit einer winzigen Fläche von starkem Glanze ausgebildet, die noch eben einstellbar war. Die Flächen von R sind ungleich groß; über die größte sowie über die zwei anstoßenden von −2R erstreckt sich eine feinere Riefung, die den Kanten R : R parallel läuft. Dadurch werden die Reflexbilder zu langen Lichtbändern auseinandergezerrt, deren Einstellung nur äußerst ungenau sein kann. Von R3 sind vier glatte und glänzende Flächen ausgebildet, die bei genügender Ausdehnung sehr gut meßbar waren. Unter den Prismenflächen herrschen die von ∞P2 und −∞R vor, sind aber wegen Streifung und einspringender Winkel nicht meßbar. Es wurde gemessen:

R : −2R	= 38°20′	39°46′	38° 2′	39°14′	38°2′	39°27′
R : R	= 47 11	47 40	46 55			
R3 : R	= 28 57	28 43	29 31	29 14		
−2R2 : R3	= 20 5					
−2R : R3	= 33 20	31 46				

No. 143 (Taf. IV Fig. 14) ist ein dunkelblaugrüner Kristall mit tief dunkelblauem Kopf und bräunlichgrünen schmalen Schichten. Er wird der Länge nach von einem kräftigen Sprung durchzogen. An seinem antilogen Pole befinden sich R und −2R fast im Gleichgewicht und werden eingefaßt von einer Reihe untergeordneter, glänzender Flächen der Skalenoeder R3 und −2R2. Auf den Flächen der beiden Rhomboeder ist wieder eine feine Streifung nach den Kanten R : R ausgeprägt, auch befinden sich auf ihnen eine Menge kleiner Grübchen, die mit gelbroter Masse angefüllt sind. Die Messung wird dadurch wieder sehr ungenau. Die Prismenflächen sind gestreift und zylindrisch abgerundet. Es herrschen −∞R und ∞P2 vor. Am antilogen entstanden zwischen ziemlich weiten Grenzen schwankende Winkelwerte:

R : R	= 47°13′	46°53′	46°37′			
R : −2R	= 38 26	39 12	38 59	39° 9′	38°29′	38°44′
−2R : −2R2	= 19 57	19 11	19 21	18 58		
R : R3	= 29 31	28 48	29 10	29 1	29 10	
R3 : R3	= 30 36					
R3 : −2R2	= 24 10	24 4				

Digitized by Google

No. 144 ist von dunkelblaugrüner Färbung mit bräunlichgrünen schmalen Schichten am ausgebildeten Ende. Der Kristall ist der Länge nach gesprungen, sonst sehr klar durchsichtig. Unter den Endflächen am antilogen Pol herrscht R vor. Seine Flächen sind sehr ungleich groß und parallel zu den Kanten mit —2R fein gestreift, wodurch die Reflexbilder bei gewissen Einfallswinkeln der Strahlen stark verzerrt werden. Auch zwei Flächen von —2R sind groß entwickelt, nicht ganz eben aber glänzend. Über die eine von ihnen zieht sich eine feinere Streifung parallel zur kleineren Diagonale. Sie liefert neben einem guten, hellen Reflex eine Anzahl schwächer leuchtender. Untergeordnet an Ausdehnung, doch von glänzender Beschaffenheit sind je 2 Flächen der Skalenoeder —2R2 und R3; ihre Reflexe sind zwar schwach, erlauben jedoch eine genügend scharfe Einstellung. Von den Prismenflächen waren die der Formen ∞P2 und ∞R ausgedehnt, eine Messung war wegen zu starker Streifung und Abrundung nicht möglich. Am antilogen Pole erhielt man die Winkel:

R :	R	= 47° 6′	47° 11′		
R :	—2R	= 38 39	38 39	38° 24′	
R :	R3	= 28 28	28 14		
—2R :	—2R2	= 19 33	19 3		
R3 :	∞P2	= 37 31	38 40		
R3 :	—2R2	= 24 22			
R :	∞P2	= 66 2	66 37		

No. 145 ist gefärbt wie sein Vorgänger, klar durchsichtig und frei von Sprüngen. An ihm tritt die über die Flächen von R laufende Furchung parallel zu den Kanten R : R wieder ganz besonders stark hervor. Die Reflexbilder der davon betroffenen Flächen sind infolgedessen stark gestört und nur schwierig einstellbar. Die Flächen der Furchen sind stark glänzend und scharfkantig und gehören dem Skalenoeder R3 an. —2R, R3 und —2R2 selbst liefern nur deutliche, scharfe Bilder. An der prismatischen Begrenzung beteiligen sich wieder ∞P2 und —∞R. Es wurde gemessen:

R :	R	= 46° 42′	47° 0′	47° 23′			
R :	—2R	= 38 10	39 5	38 53	38° 34′		
R :	R3	= 29 28	28 55	29 24	29 10	29° 7′	28° 58′
—2R :	R3	= 32 19	31 43	32 21	31 35		
—2R :	—2R2	= 19 40	19 20	18 57			
R3 :	∞P2	= 37 16	37 32	37 19	37 17		

Digitized by Google

No. 146. Bei diesem Kristall wechselt die Färbung mehrfach zwischen reinem Blau und bräunlichgrün. Die Übergänge sind scharf und parallel zur Begrenzung des antilogen Poles. Dieser ist zur Hälfte korrodiert, zur Hälfte mit glänzenden Flächen versehen. Auf R ist die Streifung sehr fein und greift auf die Flächen von —2R hinüber. Die sonst glänzenden Flächen der beiden Rhomboeder sind nicht ganz eben und liefern deshalb doppelte oder mehrfache Reflexbilder. R3 spiegelt ausgezeichnet scharf und leuchtend. Es sind nur 3 Flächen vorhanden, von dem anderen Skalenoeder —2R2 sogar nur eine, die ein schwaches und zerstreutes Reflexbild liefert. In der Prismenzone entstanden sehr scharfe und leuchtende Reflexe von den Flächen des Prismas ∞P2, das am Kristall am ausgedehntesten ist. Unterhalb des verbrochenen Teiles des antilogen Poles sind sie stark zylindrisch abgerundet und nicht mehr meßbar. Es wurden folgende Winkelwerte gefunden:

R :	R	= 47° 6′	
R :	—2R	= 39 8	38° 3′
R :	R3	= 28 52	
R :	∞P2	= 66 53	
—2R :	—2R2	= 19 40	
—2R2 :	R3	= 24 3	
R3 :	R3	= 30 50	
R3 :	∞P2	= 37 11	

und in der Prismenzone:

29° 59′	60° 4′	59° 55′	60° 5′
∞R : ∞P2	: ∞P2	: ∞P2	: ∞P2

No. 147 ist blaugrün gefärbt und besitzt nahe dem antilogen Pole bräunlichgrüne Schichten, die sich parallel zu den Endflächen abgesetzt haben. Die Flächen des Hauptrhomboeders sind sehr ausgedehnt, schön glänzend und zart gestreift nach den Kanten mit —2R. Ihre Reflexbilder liegen auf breiten Lichtbändern und sind nur schwierig einzustellen. Die Flächen von —2R sind ebenfalls ziemlich ausgedehnt, glänzend und nicht ganz eben und liefern leuchtende und scharfe Doppelreflexe. Die beiden Skalenoeder R3 und —2R2 bleiben völlig untergeordnet. Sie sind mit je 2 Flächen vertreten, die sich allerdings durch starken Glanz auszeichnen. Auf den Prismenflächen haben sich in tieferen Furchen rötlich

Digitized by Google

gelbe Zersetzungsmassen angesammelt, auch sind sie stark gestreift und abgerundet. Am antilogen Pole wurde gemessen:

R : −2R	= 39°21′	38°48′	39°18′	38°43′	38°13′	38°53′
−2R : −2R2	= 19 47	19 3				
−2R : ∞P2	= 51 11					
−2R2 : R3	= 23 50	24 21				
−2R2 : ∞P2	= 32 0					

No. 148 (Taf. V Fig. 2) ist ein kurzer, dicker Kristall von der gleichen Färbung wie die Vorausgehenden. Am antilogen Pol sind die Flächen von R am ausgedehntesten, aber fein gestreift und nicht ganz eben, weshalb sie verschwommen und mehrfach reflektieren. Die Flächen von −2R sind glatt und glänzend, aber auch nicht ganz eben. Die Skalenoeder R3 und −2R2 sind nur als kleinere Flächen entwickelt, deren Beschaffenheit allerdings an Glanz und Glätte diejenigen der Rhomboeder weit übertreffen, besonders die von R3. Die Prismen sind stark gerundet und gestreift und bilden einspringende Winkel. Deutlich erkennbar ist ∞P2. Am antilogen Pole wurden die Winkel gemessen:

R : R	= 46°58′					
R : −2R	= 39 3	39°12′	39°53′	37°36′	39°18′	37°49′
R : R3	= 29 25	28 51				
−2R : ∞P2	= 51 3	50 47	51 7	51 30	51 24	
−2R : −2R2	= 19 29	19 20				
−2R2 : ∞P2	= 32 10	31 55				
−2R : R3	= 31 32	32 24	32 19	31 33		
R3 : ∞P2	= 37 27	37 9				

No. 149 (Taf. V Fig. 1 und Idealfigur IV, 8) ist von hellbläulichgrüner Färbung. Am Kopfende erscheint er weißlichgrün infolge von zahlreichen feinen Sprüngen. Die Endflächen des antilogen Poles sind sämtlich stark glänzend und frei von irgendwelcher Streifung. Sie gehören den Formen R, −2R, R3, −2R2 und 4R an. R und −2R sind ziemlich im Gleichgewicht und vorzüglich meßbar. Von R3 sind zwei Flächen ausgedehnt, zwei weitere untergeordnet. Von dem für Brasilianer Turmalin seltenen Rhomboeder 4R sind zwei Flächen entwickelt, von denen eine ein gutes, die andere ein sehr schwaches Signalbild entwarf. −2R2 wurde als ganz kleine Fläche bemerkt, die nicht gemessen werden konnte. An der prismatischen Begrenzung beteiligen sich vor allem ∞P2 und

Digitized by Google

untergeordneter $-\infty R$. Die Endflächen bildeten folgende Winkel miteinander:

R :	R	= 47°33′	47°10′	
R :	−2R	= 38 50	38 33	
−2R :	R3	= 32 51	31 37	31°59′
R3 :	R	= 28 52	28 54	28 42
R3 :	4R	= 19 57	19 52	19 40

No. 150 (Taf. IV Fig. 7) gleicht den vorigen Kristallen nur noch in der an seinem antilogen Pole auftretenden Kombination von Formen, weicht dagegen in der Färbung von ihnen ab. Er ist am antilogen Ende schwach bläulich grün, am analogen zart rosa gefärbt und von äußerster Klarheit und Durchsichtigkeit. Nur im Bezirk des abgebrochenen Endes wird er von einigen quer zur Hauptrichtung laufenden Sprüngen durchsetzt. Die Formen R, −2R und R3 sind wenig verzerrt. Die Beschaffenheit ihrer Flächen ist glatt und glänzend und frei von jeglicher Streifung. Nur die Kombinationskanten R : R sind durch sehr schmale, rauhe Flächen der Form $-\frac{1}{2}R$ abgestumpft. Daneben erkennt man durch die Lupe eine winzige, ebenfalls rauhe Basis. Die Prismenflächen sind fein gestreift, aber dennoch gemessen worden. Es hat sich ergeben:

60°0′	30°2	89°58	30°4′	30°15	59°45′	59°46′
∞R :	$-\infty R$:	$\infty P2$:	$-\infty R$:	$\infty P2$:	∞R :	$-\infty R$: ∞R

und am antilogen Pole:

R :	R	= 46°39′	46°42′		
R :	R3	= 29 6	29 24	29°21′	29°20′
−2R :	R3	= 31 49	31 54	31 13	31 30
R3 :	$\infty P2$	= 37 32	37 22	37 16	

C. Beiderseits abgebrochene Prismenstücke.

Es lagen neun beiderseits abgebrochene Stücke verschiedenster Färbung vor. Von einem wasserklaren wurde eine planparallele Platte senkrecht zur Achse geschnitten und optisch untersucht. Ein anderer zeigte im Querschnitt zonaren Aufbau. Der Kernkristall war milchig weiß, um ihn legten sich violette, gelbe und grüne, scharf gegeneinander abgegrenzte Hüllen. An einem rosagefärbten Stücke fehlte auch die prismatische Begrenzung. Von einem hellblauen Kristall, um den ein heller gefärbter teilweise herumgewachsen war,

Digitized by Google

wurde ein Dünnschliff senkrecht zur Hauptachse angefertigt; von dem Bruchstücke eines im Kern tiefblauen Turmalins ein Querschnitt und 3 Längsschnitte. An einem Kristall konnte die Prismenzone gemessen werden. Er ist bereits früher erwähnt und das Resultat der Messung dort mitgeteilt.

Zum Schlusse sollen sämtliche Messungen am brasilianischen Turmalin, die von mir ausgeführt worden sind, in einer Tabelle zusammengestellt werden, und zwar in den beiden ersten Reihen die Bezeichnung der Flächen nach Naumann und Bravais, dann die Grenzwerte, hierauf die Zahl der gemessenen Winkel und Kristalle und schließlich das aus den Einzelmessungen gewonnene Mittel.

Winkeltabelle.

Naumann	Miller	Grenzwerte	Z. d. gem. W.	Z. d. K.	Mittel
0R : R	0001 : 10$\bar{1}$1	26° 41′—27° 42′	11	6	27° 17,6′
R : R	10$\bar{1}$1 : $\bar{1}$101	46 3 —47 47	94	49	47 1,7
R : — $\frac{1}{2}$R3	10$\bar{1}$1 : 12$\bar{3}$2	21 9 —22 1	70	21	21 42
R : — $\frac{1}{2}$R3	10$\bar{1}$1 : $\bar{1}$3$\bar{2}$2	38 15 —38 55	4	4	38 33,8
R : — 2R	10$\bar{1}$1 : 02$\bar{2}$1	37 36 —39 46	121	36	38 40
R : — $\frac{1}{2}$R	10$\bar{1}$1 : 07$\bar{7}$2	50 58 —50 59	2	1	50 58,5
R : R3	10$\bar{1}$1 : 21$\bar{3}$1	28 14 —29 45	75	28	29 3,2
R : R5	10$\bar{1}$1 : 32$\bar{5}$1	41 17 —42 18	9	5	41 51,8
R : — 2R2	10$\bar{1}$1 : 13$\bar{4}$1	45 15 —45 26	2	2	45 20,5
R : ∞P2	10$\bar{1}$1 : 11$\bar{2}$0	65 59 —67 9	53	18	66 31,8
4R : — 2R	40$\bar{4}$1 : 02$\bar{2}$1	51 21 —52 43	2	2	52 3,5
4R : R3	40$\bar{4}$1 : 21$\bar{3}$1	19 28 —20 40	4	2	19 59,3
— 2R : — $\frac{1}{2}$R3	02$\bar{2}$1 : 12$\bar{3}$2	16 7 —17 5	53	20	16 46,6
— 2R : — 2R	02$\bar{2}$1 : 22$\bar{0}$1	76 36 —78 15	58	33	77 14
— 2R : ∞P2	02$\bar{2}$1 : 01$\bar{1}$0	50 47 —51 50	23	13	51 29,3
— 2R : R3	02$\bar{2}$1 : 21$\bar{3}$1	31 13 —33 20	32	13	31 53,5
— 2R : R3	02$\bar{2}$1 : 3$\bar{1}$$\bar{2}$1	58 44 —58 47	2	1	58 45,5
— 2R : — 2R2	02$\bar{2}$1 : 13$\bar{4}$1	18 30 —20 5	37	20	19 29,4
— 2R : — $\frac{1}{2}$R	02$\bar{2}$1 : 07$\bar{7}$2	14 46 —15 20	10	10	15 10,4

Digitized by Google

Naumann	Miller	Grenzwerte	Z. d. gem. W.	Z. d. K.	Mittel
$-\frac{1}{2}R : \infty R$	$0772 : 0\bar{1}10$	28° 42′—29° 1′	6	6	28° 53′
$-\frac{1}{2}R : R3$	$0772 : 21\bar{3}1$	34 42 —35 —	6	3	34 53,5
$-\frac{1}{2}R : -\frac{1}{2}R3$	$0772 : 12\bar{3}2$	29 44 —30 23	7	7	30 0,3
$-\frac{1}{2}R : -2R2$	$0772 : 13\bar{4}1$	12 13 —12 21	4	2	12 15,3
$-\frac{1}{2}R : -\frac{1}{2}R$	$0772 : 7702$	98 18 —98 53	8	5	98 38
$R3 : R5$	$21\bar{3}1 : 32\bar{5}1$	12 22 —13 20	10	6	12 45,9
$R3 : \infty P2$	$21\bar{3}1 : 11\bar{2}0$	37 — —38 40	35	10	37 28,8
$R3 : -\frac{1}{2}R3$	$21\bar{3}1 : 12\bar{3}2$	24 17 —24 54	8	7	24 30
$R3 : -2R2$	$21\bar{3}1 : 13\bar{4}1$	23 9 —24 22	32	16	24 6
$R3 : \infty R$	$21\bar{3}1 : 10\bar{1}0$	40 5	1	1	40 5
$R3 : R3$	$21\bar{3}1 : 3\bar{1}21$	30 29 —31 5	34	22	30 45,2
$R3 : \infty P2$	$21\bar{3}1 : 11\bar{2}0$	74 39 —74 53	3	2	74 44
$-\frac{1}{2}R3 : -\frac{1}{2}R3$	$12\bar{3}2 : 32\bar{1}2$	43 6 —43 44	43	22	43 26
$-\frac{1}{2}R3 : -\frac{1}{2}R3$	$12\bar{3}2 : \bar{1}32\bar{2}$	21 5 —21 30	8	7	21 17,6
$-\frac{1}{2}R3 : \infty P2$	$12\bar{3}2 : 11\bar{2}0$	68 5 —68 26	12	4	68 17
$-2R2 : \infty P2$	$13\bar{4}1 : 11\bar{2}0$	32 12 —31 56	4	4	32 2,5
$\infty P2 : \infty P\frac{19}{10}$	$11\bar{2}0 : 10.1.\bar{1}9.0$	1 29 — 1 56	2	2	1 42,5
$\infty P2 : \infty P\frac{9}{5}$	$11\bar{2}0 : 51\bar{9}0$	3 30 — 3 34	2	2	3 32
$\infty P2 : \infty P\frac{9}{5}$	$11\bar{2}0 : 51\bar{8}0$	7 19 — 7 47	2	2	7 33
$\infty P2 : \infty P\frac{10}{7}$	$11\bar{2}0 : 7.1.\bar{1}0.0$	9 41 —10 22	4	4	9 57
$\infty P2 : \infty P\frac{3}{2}$	$11\bar{2}0 : 21\bar{3}0$	11 6 —11 10	2	2	11 8
$\infty P2 : \infty P\frac{7}{5}$	$11\bar{2}0 : 51\bar{7}0$	12 52 —13 35	2	2	13 13
$\infty P2 : \infty P\frac{4}{3}$	$11\bar{2}0 : 31\bar{4}0$	15 57 —16 6	2	2	16 1,5
$\infty P2 : \infty P\frac{13}{10}$	$11\bar{2}0 : 10.1.\bar{1}3.0$	16 51 —16 56	2	2	16 54
$\infty P2 : \infty P\frac{5}{4}$	$11\bar{2}0 : 4.1.\bar{5}0$	19 45 —19 46	2	2	19 45,5
$\infty P2 : \infty P\frac{14}{10}$	$11\bar{2}0 : 11.1.\bar{1}4.0$	18 22	1	1	18 22
$\infty P2 : \infty P\frac{9}{7}$	$11\bar{2}0 : 7.1.\bar{9}.0$	18 — —18 12	2	2	18 6
$\infty P2 : \infty P\frac{13}{11}$	$11\bar{2}0 : 11.1.\bar{1}3.0$	21 20 —21 27	2	2	21 23,5
$\infty P2 : \infty P\frac{7}{6}$	$11\bar{2}0 : 6170$	22 24	1	1	22 24
$\infty P2 : \infty P\frac{11}{10}$	$11\bar{2}0 : 10.1.\bar{1}1.0$	25 27 —25 31	2	1	25 29
$\infty P2 : \infty P\frac{43}{40}$	$11\bar{2}0 : 40.1.\bar{4}3.0$	26 30 —26 38	2	2	26 34
$\infty P2 : \infty P\frac{16}{15}$	$11\bar{2}0 : 15.1.\bar{1}6.0$	26 49 —27 12	6	4	27 —
$\infty P2 : \infty P\frac{26}{25}$	$11\bar{2}0 : 25.1.\bar{2}1.0$	28 16	1	1	28 16
$\infty P2 : \infty P\frac{31}{30}$	$11\bar{2}0 : 30.1.\bar{3}1.0$	28 23 —28 45	6	3	28 32,7

Digitized by Google

Da die roten Kristalle nur selten gut meßbare Endflächen aufwiesen, so beziehen sich die vorhergehenden Angaben vorzugsweise auf Kristalle mit grünem Ende. Von der Berechnung eines besonderen Achsenverhältnisses wurde wegen der Winkelschwankungen abgesehen; zum Vergleich stellen wir einige unserer Mittelwerte mit denen von v. Worobieff erhaltenen zusammen. Es ist daraus zu ersehen, daß die Werte, welche die am besten meßbaren Flächen ergaben, R : R3, R3 : R3, R3 : ½R3 untereinander und von dem berechneten Werte nur ganz unbedeutend abweichen, die Brasilianer Turmalinkristalle daher auf dasselbe Achsenverhältnis bezogen werden können wie die Ceyloner.

	v. Worobieff	Reimann	berechnet nach v. Worobieff
0R : R	27°33,1′	27°17,6′	27°17,6′
R : R	47 13 39″	47 1,7	—
R : −½R3	21 52,3	21 42	21 29,8
R : −2R	38 41,1	38 40,0	38 42
R : R3	29 3,2	29 3,2	29 3,7
R : R5	41 49,5	41 51,8	41 48,3
R : −2R2	45 43	45 20,5	45 37,2
−2R : −½R3	16 49,2	16 46,6	16 52,2
−2R : −2R	77 23,4	77 14	77 24
−2R : R3	31 59,2	31 53,5	32 1,1
−2R : −2R2	19 23,7	19 29,4	19 19,9
−2R : −½R	15 18,2	15 10.4	15 4,5
−½R : −½R	—	98 38	98 51
R3 : −½R3	24 28,5	24 30	24 29,5
R3 : −2R2	24 9,1	24 6	24 8,5
R3 : R3	30 42,2	30 45,2	30 44,6
−½R3 : −½R3	21 23,8	21 17.6	21 26

Optisches Verhalten des brasilianischen Turmalins.

Die Untersuchung des optischen Verhaltens des Turmalins, welche in parallelem und konvergentem, polarisiertem Lichte an 3 parallel und 12 senkrecht zur Hauptachse der Kristalle geschnittenen Präparaten angestellt wurde, ergab im wesentlichen nichts Neues.

Schnitte senkrecht zur Achse lassen manchmal bei Betrachtung mit bloßem Auge durch zarte Unterschiede in

Digitized by Google

der Färbung eine Felderteilung nach den Flächen erkennen, welche vorzugsweise die Endbegrenzung dieser Kristalle bildeten. So waren an einem pistaziengrün gefärbten Kristalle in Schnitten senkrecht zur Achse die Flächen $-\frac{1}{2}R3$ durch heller gefärbte, keilförmig nach drei unter 120° aufeinanderstoßende Richtungen verlaufende und scharf begrenzte Zwickel angedeutet.

In einem ebenfalls ganz gleichmäßig pistaziengrün gefärbten, dünnen, senkrecht zur Achse geschnittenen Plättchen trat eine zarte Dreiteilung nach den Kanten des Rhomboeders hervor.

Bei Umwachsungen ist die Grenze zwischen Kern und Hülle bald recht scharf, bald verschwommen. Um den fertigen Kern hat sich die andersfarbige Hülle herumgelegt, so daß beide Teile dieselbe Form besitzen. Bei einem anderen Präparate, das senkrecht zur Hauptachse durch den seidenglänzenden, mehrfarbigen, weiter oben beschriebenen Kristall No. 18 geschnitten wurde, hat der rote Kern unregelmäßige Ausdehnung, so daß seine Kanten nach drei Richtungen verlaufen, und er scharf dreieckig ist. Die grün gefärbte Hauptmasse dieser Platte erscheint wie gepflastert und macht den Eindruck, als bestände sie aus vielen parallel zueinander gerichteten Prismen, deren innere Seitenflächen der Längsrichtung nach fein gestreift sind. Innerhalb des grünen Teiles befinden sich außerdem noch isolierte rote Stellen von geringer Ausdehnung. Um das Ganze zieht sich ein schmaler roter Rand.

Die einheitlich grünen und roten Platten sind optisch nahezu normal.

Die Untersuchung im polarisierten Lichte ergab im wesentlichen folgendes:

1. Einfarbige Kristalle. Die bereits oben erwähnte, etwas schief zur Hauptachse geschnittene, pistaziengrüne Platte, auf der durch hellere Färbung das Skalenoeder $-\frac{1}{2}R3$ angedeutet ist, blieb in parallelem, polarisiertem Lichte ganz gleichmäßig dunkel und war in konvergentem, polarisiertem durchaus normal einachsig. Die grünen Platten zeigen überhaupt die geringste optische Störung. So auch das Präparat No. 2, das schon bei gewöhnlichem Lichte die zarte Dreiteilung nach

Digitized by Google

den Kanten des Rhomboeders zeigte. Sie blieb in parallelem, polarisiertem Lichte durchaus dunkel und zeigte bei konvergentem Lichte keine Zweiachsigkeit. Dieselbe Beobachtung gibt schon Bücking an und werden in Brauns, Die optischen Anomalien der Kristalle p. 272 erwähnt.

Sehr geringe Störungen der Einachsigkeit zeigte eine einheitlich rot gefärbte Platte senkrecht zur Hauptachse. Ganz unregelmäßig verteilte sich in ihr bei parallelem Lichte sehr schwache Aufhellung besonders nach dem Rande hin, wo auch schon mit bloßem Auge ein zarter Schichtenbau parallel zur äußeren Umgrenzung zu beobachten war. In konvergentem Lichte wurde nur eine ganz geringe Deformation des Achsenkreuzes bemerkt. Interessant sind kleine Einschlüsse, die sich in gewöhnlichem Lichte so gut wie gar nicht vom Turmalin abheben. Es sind Säulchen von derselben Färbung, von gleicher Lichtbrechung und kräftiger Doppelbrechung; sie sind optisch negativ, alles Angaben, die vermuten lassen, daß es sich hier um Einschlüsse von Turmalin in Turmalin handelt. Es sind isolierte oder zu Gruppen ganz unregelmäßig vereinigte Säulchen, die mit ihrer Längsrichtung nicht in die Hauptrichtung des Kristalls fallen, sondern ungefähr in der Richtung der Basis liegen. Wie schon erwähnt, ist ein ganz schmaler Rand etwas dunkler gefärbt. Er zeigt die Störungen noch etwas kräftiger als der zentrale Teil, jedoch auch nur gering. In diesem letzteren Teil ist die Ebene der optischen Achsen stets der benachbarten Randkante parallel.

Die letzte der einheitlich gefärbten Turmalinplatten war nahezu farblos, bei schärferer Beobachtung jedoch in einem Zwickel rötlich, im benachbarten grünlich gefärbt. Sie zeigt schon bei gewöhnlichem Lichte die Dreiteilung fein ausgeprägt wie geradlinig nach drei Richtungen verlaufende Schlieren. Längs gerader Linien, die in diese drei Richtungen fallen, z. T. auch den Prismenflächen parallel laufen, zeigte die Platte zu beiden Seiten geringe optische Anomalien. Auch um Punkte herum wurde sie beobachtet, ohne daß diese Punkte oder Linien als Einschlüsse oder Risse in der Platte ausgebildet wären. Bei dem ziemlich dicken Präparate entstand in parallel polarisiertem Lichte das Grau I. Ordnung, in konvergentem Lichte machten sich die Störungen der optischen Einachsig-

Digitized by Google

keit durch ganz geringe Deformation des normalen Achsenkreuzes erkennbar.

2. Platten aus mehrfarbigen Kristallen senkrecht zur Hauptachse aus brasilianischem Turmalin weisen schon bei gewöhnlichem Lichte deutlich erkennbare Zonarstruktur auf.

So ist die erste hierher gehörige Platte im Innern blau, nach dem Rande zu bräunlichgrün oder grasgrün gefärbt. U. d. M. erscheinen diese verschiedenfarbigen Zonen noch ausgeprägter. Um den rein blauen Kern legt sich, ohne scharf nach innen zu begrenzt zu sein, eine bläulichgrüne Schicht, die dann allmählich in Pistaziengrün übergeht, das bald heller, bald dunkler gefärbt und scharf begrenzt ist. Um das Ganze lagert eine bläulichgrüne Hülle, die ihrerseits wieder von einem breiten, pistaziengrünen Bande umschlossen wird. Die äußerste Schicht schließlich ist wieder blaugrün. Im polarisierten Lichte treten der bläuliche Kern und die bläulichgrünen Bänder in der Hülle durch Störungen etwas hervor. In konvergentem Lichte ist auch hier die Deformation des Achsenkreuzes ganz minimal.

Bei dem zweiten Präparat ist der Kern fast undurchsichtig ultramarinblau und wird in allmählichem Übergang nach außen zu heller. Dann folgen eine scharf ausgeprägte, schmale, pistaziengrüne Zone und eine breite, blaugrün gefärbte. Es zeigen sich Störungen in der optischen Einachsigkeit an der Grenze von Kern und Hülle, dort, wo das Hellblaue ins Pistaziengrüne übergeht. Eine doppeltbrechende Linie verläuft nach der Umgrenzung; senkrecht dazu stehen schwach doppeltbrechende Linien. Auch hier entsteht nur das Grau I. Ordnung. In konvergentem Lichte liegt die Ebene der optischen Achsen parallel zu derjenigen der benachbarten Randkanten des Kristalls.

Bei dem dritten Kristall ist ein heller, recht scharf sechseckig begrenzter Kern von blaßbläulicher Rinde umgeben. Im hellen Teile tritt sehr deutlich die Dreiteilung des Feldes nach drei Ecken des Sechsecks auf, die sich mehrfach wiederholt und manchmal geknickt verläuft. Der Kristall ist wahrscheinlich aus zwei hellen und einem bläulichen zusammengesetzt. Der blaue Teil ist mehr gestört, während der helle ziemlich gleichmäßig dunkel verbleibt in parallelem polarisiertem Lichte.

Digitized by Google

Der vierte Kristall sieht optisch einheitlich aus, enthält aber doch einen schwach gelblichen Kernkristall, der neunseitig begrenzt ist und ganz zarte Dreiteilung zeigt. Er ist optisch normal. Der breite Rand zeigt wieder längs Linien und um Punkte herum Störungen, die körperlich als Einschlüsse nicht nachzuweisen sind. Die Linien laufen nach der Dreiteilung, andere nach der Umgrenzung parallel. Die Hülle ist so gut wie farblos, in ihr liegt der Kern exzentrisch. In konvergentem Lichte ist das Bild im Rande z. T. sehr stark und unregelmäßig deformiert.

Das fünfte Präparat war in der Mitte bläulich, am Rande rot und recht dick. Die Störungen lagerten wieder um Punkte herum, oder verliefen längs gerader Linien und waren wegen der Dicke der Platte dicht gehäuft.

Dasselbe gilt von dem nächsten Kristall. Um einen gleichmäßig rot gefärbten Kern, der durch Einschlüsse nur wenig getrübt und nach außen sehr scharf begrenzt ist, lagert sich eine helle, nur schwach bläulichgrüne Schicht, die, allmählich dunkler werdend, an ein beiderseits scharf abgegrenztes braungrünes Band von ca. 1 mm Breite stößt, das der Umgrenzung parallel läuft. Als äußerste Hülle liegt um den ganzen Kristall eine grünblaue Zone, die ihrerseits wieder feinere Zonarstruktur zeigt. Der rote Kern verhält sich optisch wie weiter oben der einheitlich rot gefärbte Kristall. Am Rande treten nur ganz schwache Störungen des normalen Achsenkreuzes auf.

In der dicken, planparallelen Platte durch den am analogen Polende auf den Seitenflächen seidenartig glänzenden Kristall, deren Verhalten bei gewöhnlichem Lichte bereits weiter oben beschrieben wurde, zeigte das Rot ganz geringe Störungen. Im Grünen gab es überhaupt nichts Rechtes, da die Teilchen nicht homogen genug sind und an den gestreiften inneren Flächen vielfach Reflexion eintrat. Wo man aber ein Achsenbild bekam, war dieses annähernd normal.

Das letzte Präparat stellt einen Schnitt durch einen roten Kernkristall dar, der umgeben ist von einer schwach grünlichen, fast farblosen Hülle mit sehr schmalem, wieder rot gefärbtem Rande. Er ist nicht genau senkrecht zur Hauptachse getroffen, verhält sich in konvergentem Lichte nahezu

Digitized by Google

normal und zeigt im innersten kleinen Teile schon bei gewöhnlichem Lichte Dreiteilung.

Schnitte parallel zur Achse zeigen nichts Besonderes bei einheitlicher Färbung.

Bei dem zweiten Präparate zeichnete sich in einem Schnitt parallel zur Hauptachse durch die Mitte des Kristalls der blaue Kernkristall durch besonders starken Dichroismus aus. Der ordentliche Strahl ist in der Mitte tieftintenblau, zu beiden Seiten lagert ein ganz hellblaues Band, der Rand ist blaugrün. Für den außerordentlichen Strahl ist der Absorptionsfarbe im mittleren Teile viel schwächer blaugrün, das nach dem Rande zu noch weiter abblaßt.

Pyroelektrisches Verhalten des brasilianischen Turmalins.

Das pyroelektrische Verhalten des brasilianischen Turmalins wurde ausschließlich mit Hilfe der Bestäubungsmethode nach dem von Kundt angegebenen Verfahren untersucht. Die Kristalle wurden nach vorherigem Waschen mit Spiritus auf flachen Uhrgläsern in einem Trockenschranke ca. 1 Stunde lang auf 120° erwärmt, so daß sie diese Temperatur im ganzen Innern gleichmäßig annahmen. Dann wurden sie wieder herausgenommen und durch die Flamme eines Spiritusbrenners gezogen, um sie von etwaiger Oberflächenelektrizität zu befreien. Je nach der Größe und Dicke der einzelnen Kristalle wurde bis zur Bestäubung mit einem Gemenge von Schwefel und Mennige länger oder kürzer gewartet, bis die Temperatur auf 80—70° gesunken war. Als Bestäubungsapparat bediente ich mich anfangs des bereits von Schedtler benützten und nach Angaben von Kundt angefertigten Blasebalges, aus dem das Pulvergemenge durch ein Loch des aufgeschraubten Deckels, das mit einer mehrfachen Musselingaze überspannt war, herausgestoßen wurde. Später gebrauchte ich eine einfache Insektenspritze, die aus einem Gummiball und Glasrohr bestand. In dem Glasrohre war eine seitliche Öffnung zur Aufnahme des Pulvers angebracht, die durch ein über das Rohr gezogenes Stückchen Gummischlauch verschlossen werden konnte. Dieser Apparat ist handlicher, gestattet eine bessere Verteilung von

Digitized by Google

Schwefel und Mennige und verringert den beim Blasebalg leicht zu stark werdenden Luftzug.

Die pyroelektrischen Versuche wurden an allen mir zur Verfügung stehenden Kristallen ausgeführt, an den meisten zwei- oder dreimal wiederholt. Es entstanden jedoch ziemlich übereinstimmende Verteilungen von Schwefel und Mennige, auf die auch die Zimmertemperatur nur geringen Einfluß hatte.

Turmalin aus Brasilien ist schon von SCHEDTLER auf sein elektrisches Verhalten hin geprüft worden. Er ist gegenüber dem Turmalin anderer Fundorte stark elektrisch erregbar. In der Regel findet an beiden Enden der prismatischen Kristalle eine kräftige Bestäubung statt. Hiervon scheinen mir einige mehrfarbige und trüb durchsichtige Turmaline eine Ausnahme zu machen. Als allgemeine Regel hat sich bei den Versuchen ergeben, daß bei brasilianischem Turmalin der von gerader Endfläche begrenzte Pol stets der analoge ist, selbst wenn untergeordnet die Flächen des Hauptrhomboeders hinzutreten. Überwiegt dagegen das Hauptrhomboeder an Ausdehnung seiner Flächen, oder tritt am ausgebildeten Ende irgend eine andere Form auf, so ist dieses der antiloge Pol. Die Kristalle waren bald mit diesem, bald mit jenem Pol aufgewachsen, am häufigsten mit dem dem analogen Pol entsprechenden Ende.

Die Verteilung der Mennige auf der Basis beschränkte sich bei glatter und glänzender Ausbildung der Fläche auf einzelne Stellen; entweder entstanden am Rande und in der Mitte scharf begrenzte neutrale Gebiete, oft recht zackig umrandet oder buchtenartig erweitert, oder, wie auf der mattglänzenden Basis des am analogen Pole auf den Prismenflächen seidenartig glänzenden Kristalls, sehr verschnörkelte Flecken, die unregelmäßig auf der Endfläche verteilt lagen und in keinem Zusammenhang mit der Färbung oder Beschaffenheit der Substanz zu stehen schienen.

Bei dem smaragdgrünen dicken Kristall No. 13, an dessen abgebrochenen Ende ein etwa 1 cm ins Innere sich erstreckender roter Kernkristall von gelblichgrüner Hülle umgeben war, beschränkte sich die Verteilung des Mennigepulvers auf den nicht mit rauher Verwitterungsmasse überzogenen Teil der Basis, die des Schwefels am abgebrochenen Ende auf die

Digitized by Google

gelblichgrüne Hülle, während der rote Kern ganz unbestäubt blieb. Auf den Prismenflächen dieser Kristalle überwog in der Regel die positive Spannung. Sprünge blieben ohne merklichen Einfluß auf die Verteilung.

An den dunkelgrünen, von den Flächen des Hauptrhomboeders begrenzten Kristallen trat für gewöhnlich auf den Prismenflächen von beiden Polen aus eine gleich kräftige, scharf zackig abgegrenzte Verteilung von Schwefel und Mennige ein. Beide Gebiete wurden durch mehr oder weniger breite neutrale Zonen getrennt.

Bei den ebenso begrenzten roten Kristallen war die elektrische Erregung auf den Prismenflächen sehr viel schwächer, die Bestäubung an beiden Polen aber immerhin noch recht kräftig. Zwei Kristalle zeigten auf den Rhomboederflächen innerhalb des gelben Gebietes deutlich rote Linien, die bei dem einen dieser Kristalle längs eines Sprunges verlief, und Stellen, die von einem breiten neutralen, scharf abgegrenzten Hofe eingefaßt waren. Bei einem dritten Kristall entstanden schmale, den langen Diagonalen dieser Flächen parallel laufende neutrale Streifen. Auf den Prismenflächen der mehrfarbigen Turmaline überwog die positive Spannung, die aber nur sehr gering war. Ebenso verhielt sich der von $-2R$ am antilogen Pole begrenzte mehrfarbige Turmalin. Die Prismenflächen waren ziemlich gleichmäßig mit einer zarten Mennigeschicht überzogen, während sich an der Bruchfläche des analogen und auf den Endflächen des antilogen Poles eine recht kräftige elektrische Erregbarkeit kundgab. Auf den großen Flächen von $-2R$ fand die Ablagerung des Schwefels besonders stark längs ihrer Kombinationskanten statt, während die Mitte und der Rand nach den Prismenflächen sich ziemlich neutral verhielten. Diese Beobachtung wurde auch bei den groß ausgebildeten Flächen anderer Formen, z. B. von R, $-\frac{1}{2}R$ etc., gemacht.

Die grasgrünen, pistaziengrünen und grünlichblauen Kristalle der folgenden Gruppen zeichneten sich, sofern nur das Material klar durchsichtig war, durch besonders kräftige elektrische Erregbarkeit aus. An beiden Enden entstanden dicke Ablagerungen; dazwischen bildeten sich auf den Prismenflächen mehr oder weniger breite Gürtel gelber oder roter

Digitized by Google

Bestäubung aus, die durch scharf begrenzte neutrale Zonen von beiden Polen und untereinander getrennt waren. Besonders schön hat sich diese eigenartige Verteilung bei den langprismatischen Kristallen aus der letzten Gruppe herausgebildet, sie fand sich aber schon bei einem nur von R begrenzten roten Kristall. Haben die Kristalle Bruchstellen, so werden sie, falls die Bruchfläche nur einigermaßen senkrecht zur Hauptachse verläuft, an dieser Stelle elektrisch positiv erregt. Irgend einen Einfluß der verschieden gefärbten Gebiete auf die elektrische Verteilung habe ich nie konstatieren können. Durch kräftige Sprünge wurde die Bestäubung nicht merklich verändert, während dagegen trübe Beschaffenheit des Materials von sehr großer Bedeutung für die elektrische Polarität des Kristalls zu sein scheint. Der dunkelgrüne Kristall No. 33 bedeckte sich nur an den beiden Enden mit Schwefel oder Mennige, während die Prismenflächen ziemlich unbestäubt blieben. In sehr vielen Fällen erstreckt sich die Ablagerung, besonders der roten Mennige, längs tieferer Furchen auf den Prismenflächen.

Anmerkung: Die Fig. 3 auf Taf. IV ist nach den in Taf. IV Fig. 7 und Taf. V Fig. 1 abgebildeten Kristallen als Idealfigur gezeichnet, die in ihr dargestellte Kombination ist also nicht an einem Kristall beobachtet, sondern aus zweien zusammengestellt worden. Aus den vielen Zeichnungen, die außerdem angefertigt waren, ist diese durch ein erst bei der Korrektur bemerktes Versehen auf die Tafel genommen.

Digitized by Google

Das neue LEITZ'sche mineralogische Mikroskopmodell A.

Von

Dr. **Gabriel Lincio** in Varzo.

Mit 6 Stereoskopbildern und 10 Textfiguren.

Das in den zwei Seitenansichten[1] (Fig. 1 u. 2) abgebildete Mikroskop besitzt einen schweren Fuß (*F*) (Fig. 2) mit einem gegabelten Ständer (*St*), auf welchem das Oberteil (*OT*) durch ein Gelenk (*G*) sich umlegen läßt. Der Drehpunkt liegt ungefähr im Tischniveau und so hoch, daß man das horizontal umgelegte Mikroskop direkt ohne Spiegel gegen eine künstliche Lichtquelle richten kann ohne Einbuße des festen Standes. Das Oberteil ist so geformt, daß es die Umgebung des Tisches nach allen Seiten frei läßt und dazu als sicherer und bequemer Handgriff dient. Es ist der Träger der groben (*gE*) und der feinen (*fE*) Einstellung. Die grobe Einstellung wird durch Zahnstange und Triebrad bewirkt, welche beide zur Vermeidung des toten Ganges schiefgeschnittene Zähne besitzen. Sie ist bei diesem Stativ so ausgiebig, daß von der Tischoberfläche bis zur Frontlinse des kürzesten (schwächsten) Objektivs No. 1 ein Abstand von etwa 9,5 cm und bis zur Frontlinse der längsten (stärksten) Objektive ein solcher von etwa 7,5 cm zu erreichen ist[2]. Die feine Einstellung

[1] Wenn im folgenden von Richtungen am Mikroskop gesprochen wird, so sind diejenigen gemeint, welche für den Beobachter an dem vertikal gehaltenen und zum Gebrauche orientierten Mikroskope gelten.

[2] Über Bezeichnung und Brennweite der Objektive, sowie über sonstiges siehe die Kataloge der Firma LEITZ.

Digitized by Google

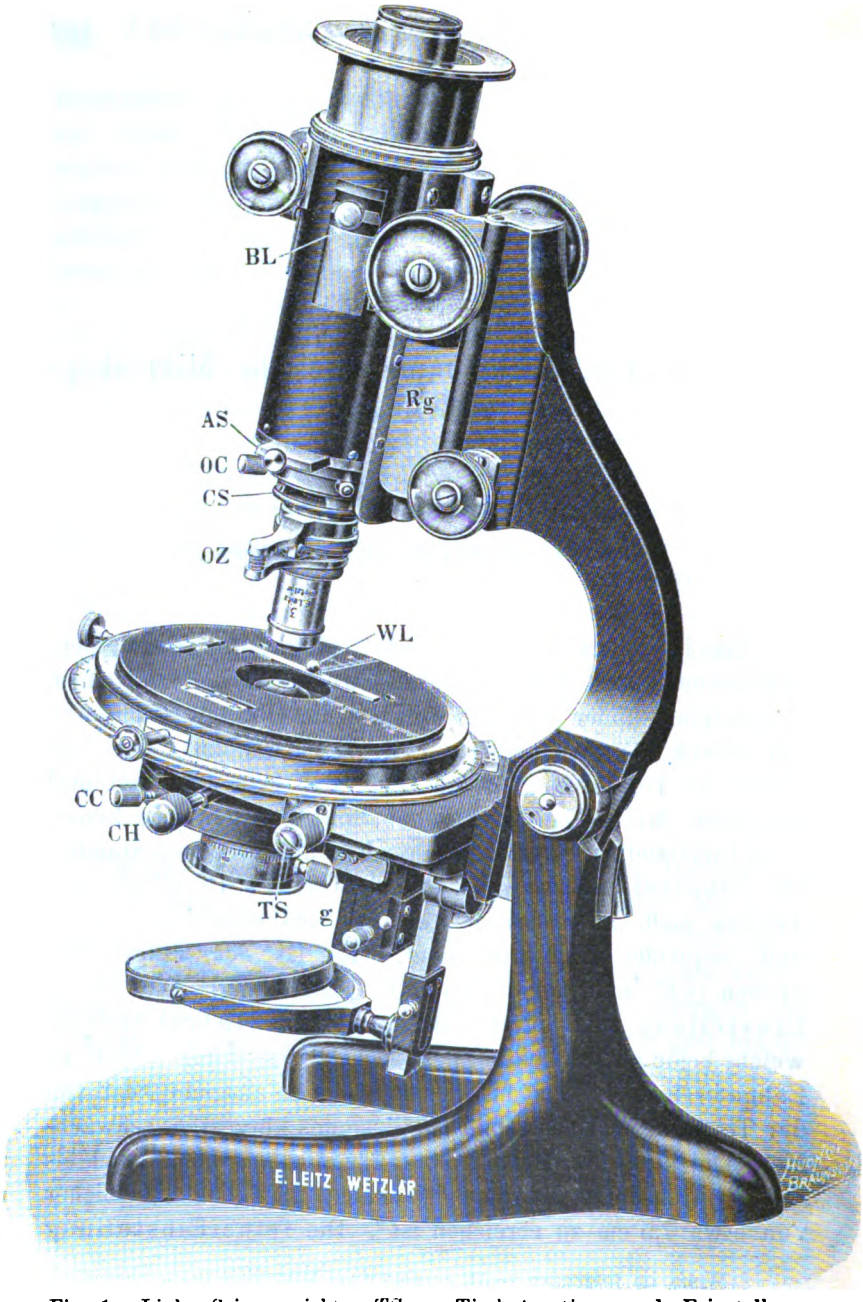


Fig. 1. Linke Seitenansicht. *TS* = Tisch-Arretier- und Feinstellvorrichtung. *CH* = Condensor-Hebel. *CC* = Condensor-Centrierung. *g* = siehe Fig. 5. *WL* = Winkelleiste. *OZ* = Objektiv-Zange. *CS* = Compensatoren-Spalt. *OC* = Objektiv-Centrierung. *AS* = Analysator-Schieber. *Rg* = Rotgußstück zwischen dem Tubus und dem Oberteil. *BL* = Bertrand-Linse.

Digitized by Google

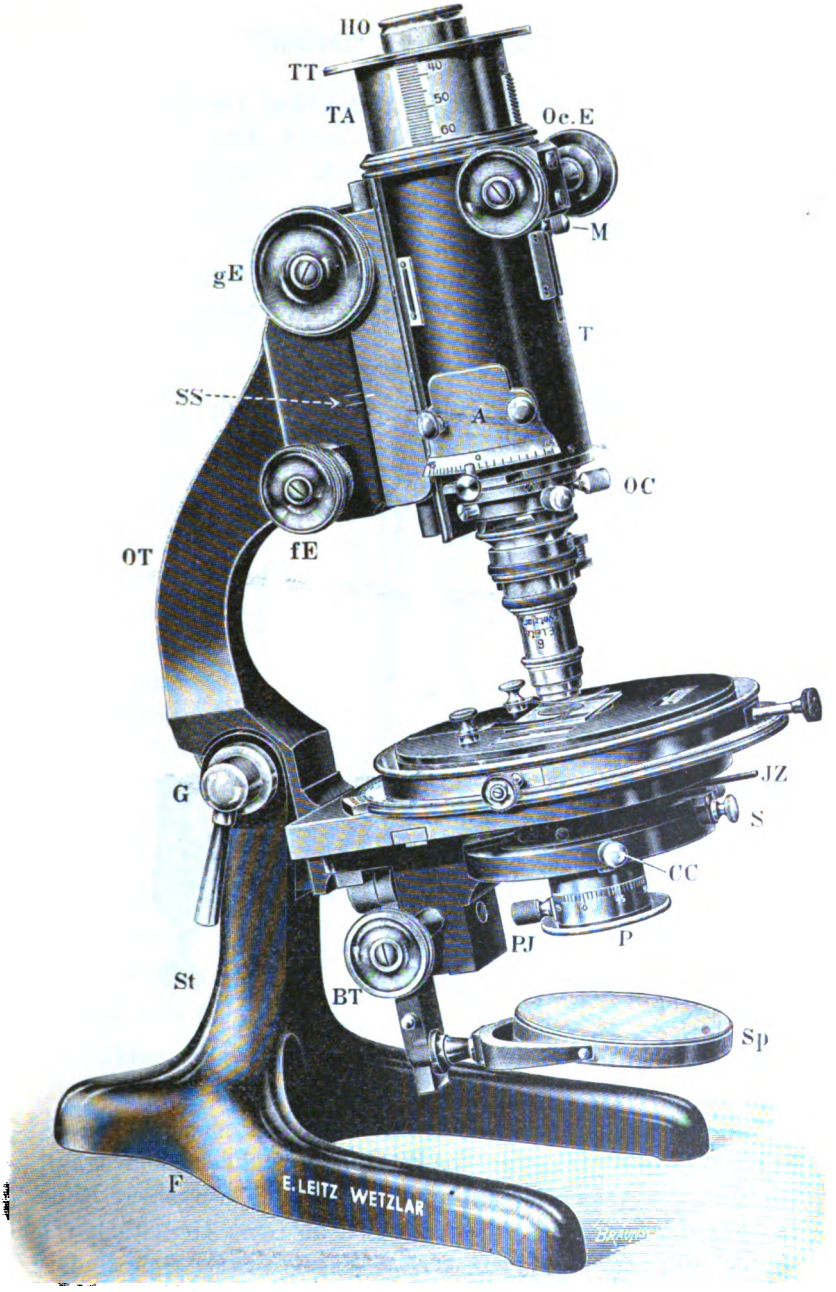


Fig. 2. Rechte Seitenansicht. *F* = Fuß. *St* = gegabelter Ständer. *G* = Gelenk. *Sp.* = Spiegel. *BT* = Trieb für den Beleuchtungsapparat. *P* = Polarisator. *PJ* = Polarisator-Justier- und Arretiervorrichtung. *CC* = Condensor-Centrierung. *S* = Irisschieber. *IZ* = Iriszeiger. *OT* = Oberteil. *OC* = Objektiv-Centrierung. *A* = Einschiebe-Analysator. *fE* = feine Einstellung. *gE* = grobe Einstellung. *Oc.E* = Ocular-Einstellung. *SS* = Spiral-Steigung. *TT* = geteilter Tubus-Teller. *HO* = Huygens'sches Ocular. *T* = Tubus. *TA* = Tubusauszug. *M* = Anschlagschraube.

Digitized by Google

(Fig. 3[1]) bildet eine wesentliche Abweichung von den üblichen Konstruktionen. Die Achse der Triebknöpfe dieser Einstellung hat im Inneren des Oberteils ein Gewinde (*a*), welches in das an der Peripherie sattelförmig ausgearbeitete Doppelzahnrad (*d*) eingreift. Letzteres trägt ein darauf befestigtes herzförmiges Stück (*f*) und dreht sich um eine zur optischen Achse des Mikroskopes und gleichzeitig zur Ebene der Zeichnung senkrechte

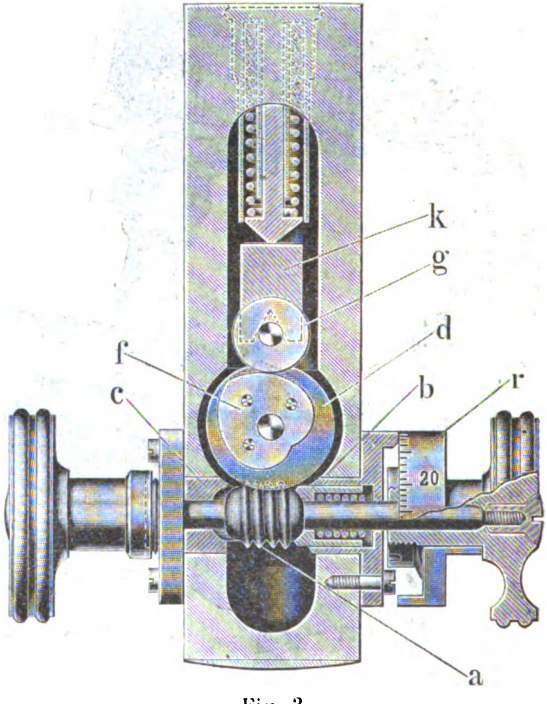


Fig. 3.

Achse. Das Rotgußzwischenstück (*Rg*, linke Seitenansicht Fig. 1), das die Triebknöpfe der groben Einstellung und den Tubus trägt, hält an einer Achse eine mit gewölbtem Rande versehene Rolle (*g*, Fig. 3) und ruht durch dieselbe auf dem Herzstück (*f*). Ebenso liegt im Rotgußstück (*Rg*) eine schwache Spiralfeder, die gegen das obere Ende des Oberteils (*OT*) drückt und so das Aufliegen der Rolle (*g*) sichert. Um den toten Gang bei der Berührung von Zahnrad und Gewinde zu eliminieren,

[1] Die Fig. 3 ist aus Leitz' Katalog No. 42 entnommen.

Digitized by Google

wurden um die betreffenden Achsen sowohl unterhalb des Zahnrades (*d*) wie rechts vom Gewinde (*a*) zwei Spiralfedern angebracht. Die Peripherie des herzförmigen Stückes bilden zwei archimedische Spiralen, die symmetrisch kombiniert sind, wie aus nebenstehender Skizze (Fig. 4) ersichtlich. Rechts ist die Spirale ganz gezeichnet, während der linke Teil nur mit seinem symmetrischen Gegenstück zur Darstellung gelangt. Die Achse des Spiralstückes (*f*, Fig. 3) befindet sich in dessen Konstruktionszentrum (Fig. 4). Es erhellt nun, daß die peripherischen Punkte des Spiralstückes (*f*) bei gleicher Drehung der Achse sich um gleiche Beträge vom Drehungszentrum entfernen, respektive sich demselben nähern müssen. Hierdurch ist eine Einteilung der Trommel (*r*, Fig. 3) nach gleichen Teilen möglich. Die Steigung der Spirale beträgt 3 mm. Das Zahnrad (*d*) hat 60 Zähne. Durch eine ganze Umdrehung der Trommel (*r*) dreht sich das Zahnrad um einen Zahn. Dreißig ganze Trommelumdrehungen bewegen den Mikroskoptubus um 3 mm, folglich wird eine ganze Trommelumdrehung den Tubus um $\frac{3 \text{ mm}}{30} = 0{,}1$ mm bewegen. Die Trommel (*r*) ist in 100 gleiche Teile geteilt; folglich wird die Drehung der Achse (*a*) um ein Intervall der Trommelteilung dem Tubus eine Bewegung um $\frac{0{,}1 \text{ mm}}{100} = 1\ \mu$ erteilen.

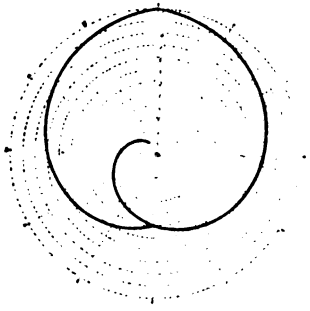


Fig. 4.

Diese Mikrometer-Feinstellung bewirkt ohne Ende ein abwechselndes Steigen und Fallen des Tubus in dem Spielraume von 3 mm; will man aber damit z. B. Dickenmessungen ausführen, so beachte man, daß an der rechten Mikroskopseite auf dem Rotgußzwischenstück unterhalb der Achse der groben Einstellung eine Zeigermarke und dicht daneben auf dem Oberteil zwei Striche (*SS*, Fig. 2) sich befinden, welche die Steigung der Spirale um 3 mm angeben und deren Wendepunkte markieren. Die Messung führe man also erst nach erfolgter Einstellung der Zeigermarke etwa auf die Mitte der zwei Striche aus. Sollte es vorkommen, daß

Digitized by Google

das Objektiv beim Feinstellen das Deckglas berührt, so bleibt es mit dem Tubus darauf stehen, da die auf das Rotgußzwischenstück und den Tubus drückende schwache Spiralfeder das Deckglas nicht zu zertrümmern vermag.

Der Tisch ist rund, in einem dicken konischen Rotgußlager drehbar und mit einer Kreisteilung bis zu einem halben Grade sowie mit Noniusablesung auf eine Minute versehen. Zum Ablesen am Nonius und an den übrigen Mikroskopteilungen findet sich in der Ausstattung eine passend montierte Lupe. Durch einen in den beiden zueinander senkrechten Richtungen 20 mm beschreibenden Kreuzschlitten läßt sich die Deckplatte des Tisches in ihrer Ebene verschieben. Zwei auf der Deckplatte in Weißmetall eingravierte $\frac{1}{2}$ mm-Teilungen mit Zeiger erlauben den Schlittengang auf $\frac{1}{4}$—$\frac{1}{8}$ mm zu messen. Es wurde absichtlich von einer Schlittenkonstruktion mit direkter Trommelablesung auf 0,01 mm abgesehen, denn die dadurch ersparten Kosten gestatten fast die Anschaffung eines Ocularschraubenmikrometers, und reichlich diejenige eines in $\frac{1}{20}$ mm geteilten Ocularglasmikrometers mit einem photographierten, in $\frac{1}{100}$ mm geteilten Objektmikrometer zum Vergleich. Außerdem sind ja die Messungen mit dem Okularmikrometer viel genauer wie die direkten.

Zur Aufstellung der Objektklammern und der Winkelleisten ist die Deckplatte des Tisches mit Löchern versehen. Die zwei Teilungen auf Weißmetall und die Winkelleiste dienen als Finder. Die Dicke der Deckplatte genügt auch zur Anbringung von Fixierschrauben oder -Klemmen für die gebräuchlichen Aufsatztischchen, Drehapparate etc.

Für größere Objekte können dann noch die Teilungen zweier zueinander senkrechter, auf die Deckplatte eingravierten Radien nach erfolgter Centrierung der Deckplatte durch Einstellung der Zeiger auf den 0-Strich der $\frac{1}{2}$ mm-Teilung für sich allein als Finder benützt werden. Übrigens zieht man einen Lackobjektmarkierer, der schon zu 3 Mk. käuflich und wie ein Objektiv an dem Tubus anzubringen ist, allen diesen Findern vor, wenn man rasch arbeiten und die ausgesuchten Präparatstellen nachher photographieren will. Ferner besitzt der Tisch noch eine Arretier- und Feinstellvorrichtung, welche bei der Messung von Kantenwinkeln, bei

Digitized by Google

der Bestimmung von Auslöschungsrichtungen etc. gute Dienste leistet. Sie besteht aus einem Spiralgewinde mit Griff (*TS*, Fig. 1), welches in Form eines Schnappers in eine feine Schneckenausfräsung des unteren Randes des Drehtisches eingreift.

Wir kommen nun zu den eigentlichen Mikroskopteilen, zu dem Beleuchtungsapparat und zu dem Beobachtungsrohr.

Der Beleuchtungsapparat besteht aus dem Spiegel, dem Polarisator, der Irisblende und dem Condensor.

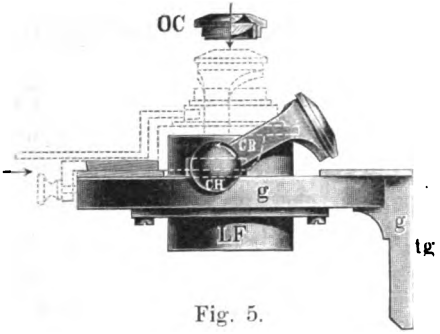


Fig. 5.

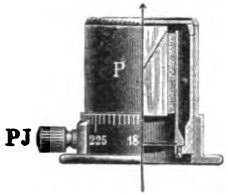


Fig. 5a.

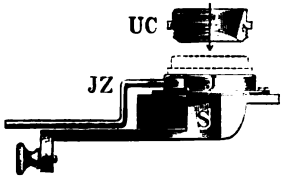


Fig. 5b.

Der Spiegel ist plan und konkav. Jener dient für schwache, dieser für starke Vergrößerungen. Mit der radial drehbaren (siehe linke Seitenansicht Fig. 1) Trägerstange, beziehentlich auf derselben kann der Spiegel nach links oder nach rechts, bezw. in der Höhe verstellt werden. Durch Drehung zwischen den Gabelarmen, resp. durch Drehung der Gabel selbst um ihre Achse kann er nach vorn oder nach hinten, resp. nach rechts oder nach links geneigt werden. Der Spiegel ist von dem Triebwerk des Beleuchtungsapparates völlig unabhängig und kann zusammen mit der Gabel von der Trägerstange abgenommen werden.

Digitized by Google

Der Polarisator, die Irisblende und der Condensor (siehe hierzu Detailzeichnung Fig. 5, 5a und 5b) befinden sich auf einem abnehmbaren Winkelstück (*g*), an dem auch die Triebstange (*tg*) des Triebwerks angeschraubt ist, die aber in Fig. 5 fortgelassen ist. Diejenigen Teile des Beleuchtungsapparates, welche zum Ausschalten eingerichtet sind, wie der Bügel (Trägerbogen *CB*) des oberen Condensor (*OC*) und der Schieber (*S*), der die Irisblende (*I*) und die untere Condensorlinse (*UC*) trägt, wurden ein- und ausgeschaltet zur Abbildung gebracht. Der Polarisator, die unteren und die oberen Condensorlinsen wurden indessen aus den respektiven Fassungen herausgezogen, halb in Ansicht und halb im Durchschnitt gezeichnet.

Der Polarisator ist ein großes Glan-Thompson-Prisma mit einem symmetrisch um die optische Achse des Instrumentes polarisierten Felde von 30°. Wie bei allen Prismen Glan-Thompson'scher Konstruktion verläuft seine Schwingungsrichtung der trennenden Kittschicht parallel, d. h. an der Gradenteilung des Polarisators in der Richtung 0—180°. Der Polarisator ist mit Korkfassung in ein inneres Rohr eingesetzt (siehe Fig. 5a), das unten mit einem nach außen gekehrten aufrecht konischen Rande seinerseits auf dem nach innen gerichteten planen Rande eines mittleren Rohres ruht. An der unteren Seite dieses planen Randes befinden sich sechs hexagonal gestellte Schrauben. Drei von diesen sind unter sich gleiche und trigonal angeordnete Kopfschrauben; sie greifen mit dem Gewinde nur in den Konusrand und sitzen in dem planen ganz locker, sie halten somit das innere Rohr an dem mittleren fest. Umgekehrt greifen die übrigen unter sich gleichen Schrauben mit dem Gewinde nur in den planen Rand und drücken mit ihrer Spitze gegen den konischen. Hierdurch ist ein Mittel zur Justierung des Polarisators nach der optischen Achse des Mikroskopes gegeben. Lockert man nämlich etwas die drei ersten Schrauben und zieht dann nach Bedarf eine oder zwei der letzteren etwas an, so wird der Polarisator in die gewünschte Lage gebracht. Nach der Korrektion zieht man sanft die ersten Schrauben wieder an. Das innere Doppelrohrsystem ist im äußeren Rohr drehbar. Die Justier- und Arretiervorrichtung (*PJ*) ist mit dem mitt-

Digitized by Google

leren Rohr starr verbunden, kann aber in einen horizontalen Spalt des äußeren Rohres verschoben und durch Anziehen des Schraubengriffes gegen dasselbe arretiert werden. Durch eine nur geringe Lockerung des Schraubengriffes (*PJ*) können minimale Verschiebungen bewirkt und dadurch die Nicolhauptschnitte in ganz genau zueinander senkrecht gekreuzter Stellung justiert werden. Auf diese Weise kann man den Polarisator aus seiner Lagerfassung (*LF*) (Fig. 5) beliebig oft herausnehmen, ohne eine Dejustierung desselben befürchten zu müssen, wenn man nur beim Einsetzen dafür sorgt, daß der 90°-Strich der Polarisatorteilung mit dem Zeigerstrich der Lagerfassung genau zusammenfällt. Die Teilung am Polarisator ist eine solche von 5 zu 5°. Lichtfilter in Form von farbigen Gläsern legt man auf einen Tellerring, der durch Andrücken an den unteren Rand des äußeren Polarisatorrohres sich mit drei federnden Haken fest ansetzt und der mit einem Zuge wieder entfernt werden kann. Deckgläschen schützen das Kalkspatprisma vor Staub.

Direkt über den Polarisator tritt die Irisblende (*I*) und darauf die untere Condensorlinse (*UC*), die nahezu paralleles Licht gibt. Beide werden vom Schieber (*S*) getragen (Fig. 5b).

Die Irisblende wurde oberhalb des Polarisators angebracht, um auch das linear polarisierte Licht nach Bedarf einschnüren zu können. Sie wird mit dem Polarisator angewandt, z. B. bei der Bestimmung des Unterschiedes der Lichtbrechung an Mineralien, Zwillingslamellen etc. nach der Becke'schen Methode.

Die wesentlichste Neuerung am Beleuchtungsapparat bildet der obere Condensor (*OC*) (Fig. 5). Derselbe ist durch den Hebel (*CH*) und den Bogen (*CB*) zum Umklappen eingerichtet und ist an jeder Höhenstelle des Beleuchtungsapparates ein- und ausschaltbar. Dieser Klappcondensor wird in zwei Lichtstärken geliefert: der eine mit der üblichen Öffnung von 120°, der andere mit einer solchen, die der eines Weitwinkelobjektivs von 1,48 Num. Ap. gleichkommt. Mit dem Wachsen der Apertur der Objektive macht sich beim Wechseln des Klappcondensors eine Centrierung desselben notwendig, damit man das brauchbare polarisierte Feld ausnützen kann. Diese

Digitized by Google

Centrierung wird durch einen in den Teller (*g*) eingesenkten horizontalen Ring ermöglicht, der den Klappcondensor trägt und durch die zwei Schrauben (*CC*, Fig. 1 u. 2) und eine Gegenfeder in der Ebene senkrecht zur optischen Achse des Mikroskopes in Bewegung gesetzt werden kann. Der Anschlag des Klappcondensors ist durch eine Schraube regulierbar.

Mit der beschriebenen Konstruktion des Beleuchtungsapparates ist folgendes bezweckt worden:

1. Nach Entfernung des ganzen Beleuchtungsapparates eine Beleuchtung des Präparates entweder direkt oder mit dem Spiegel, je nach der Neigung des Oberteils des Stativs.

2. Eine solche vermittelst der bloßen Irisblende und des Triebwerkes.

3. Eine solche mit der Irisblende, mit dem unteren Condensor und dem Triebwerk.

4. Eine solche nach Umklappung des oberen Condensors, Entfernung des Schiebers (*S*) und Anbringung eines lichtstarken Bakteriencondensors an der Stelle des Polarisators. Der Trieb dient dabei zum Einstellen dieses Condensors, dessen Beleuchtungskegel entweder durch Senken oder durch eine Revolverblende, die an dem unteren Condensorrand anzubringen ist, eingeengt werden kann. Diese Blende bildet einen Teil eines einfachen Apparates zur schiefen Beleuchtung, wie sie z. B. für die Bestimmung der Lichtbrechung nach der Umhüllungsmethode von Schroeder v. d. Kolk verwendet wird. Darüber wird später noch berichtet werden.

5. Endlich die Beleuchtung mit parallelem polarisiertem Lichte unter Anwendung aller Teile des Beleuchtungsapparates, aber ohne Klappcondensor, und schließlich diejenige mit konvergentem polarisiertem Lichte unter Zuziehung noch des letzteren.

Das Beobachtungsrohr besteht aus den folgenden Teilen:

Dem Objektiv, der Objektivzange, dem Compensatorenspalt, der Objektivcentriervorrichtung, dem Einschiebeanalysator, welche an dem unteren Teil des Tubus angebracht sind, während die Bertrand-Linse und das Ocular im Tubusauszug sitzen.

Die Objektive werden von der Zange oder dem Revolver

Digitized by Google

getragen. Die erste ist vorzuziehen für kristalloptische Untersuchungen, für solche mit Drehapparaten etc., während der zweite für rasche Arbeit, zum Durchmustern von vielen Dünnschliffen außerordentlich bequem ist. Auf die Konstruktion des Revolvers ist große Sorgfalt verwendet worden. Ein solcher, versehen mit Schutzscheibe und eingerichtet für 3 Objektive, etwa die Trockensysteme No. 2, 5 und 7 ist den Petrographen besonders zu empfehlen. Objektiv No. 2 hat eine angenehme schwache Vergrößerung, während Objektiv No. 7 die stärkste ergibt und sich zur Betrachtung der Interferenzfiguren sehr eignet. Die Objektive No. 1 und homogene Cedernöl-Immersion $\frac{1}{12}$ werden seltener gebraucht. Mit dieser achromatischen Objektivreihe bei einer Tubuslänge von 170 mm unter Anwendung der 4 Huygens'schen Oculare No. 0, I, II, III können Vergrößerungen bis 800mal vorgenommen werden, was für alle Fälle vollständig hinreichend ist[1]. Für die Beobachtung der Interferenzfiguren und speziell des Austrittes der Achsen bei Mineralien mit großem Achsenwinkel eignet sich besonders die neue Metz'sche homogene Cedernöl-Immersion mit Num. Ap. 1,48, welche einen Winkel über 140° zu übersehen gestattet. Sie wirkt achromatisch, aber eignet sich nicht zur gewöhnlichen mikroskopischen Betrachtung der Objekte. Zu dieser Weitwinkel-Immersion wird der mit einem entsprechenden Öffnungswinkel über 140° versehene obere Condensor benützt.

Oberhalb der Objektivzange bezw. des Revolvers befindet sich ein zudeckbarer horizontaler Spalt (*CS*) (Fig. 1), der zur Aufnahme von Gips- und Glimmerplättchen, von Quarz- und Glimmerkeilen und von ähnlichen Compensatoren dient. Der Spalt verläuft von rechts nach links, d. h. an der festen Teilung des Tellers des Tubusauszuges von 0° zu 180°. Da weiter die Schwingungsrichtungen der gekreuzten Nicols am Polarisator von 90° zu 270° und am Analysator von 0° zu 180° verlaufen, so sind nur solche Compensatoren zu nehmen, deren kleinste oder größte Elastizität 45° zu diesen Kreuzrichtungen liegt.

Die Objektiv-Centriervorrichtung (*OC*) (Fig. 1) ist

[1] Hierüber siehe Leitz' Katalog No. 42 — Mikroskope. p. 15 u. 16.

Digitized by Google

hinsichtlich der Stabilität wesentlich verbessert und bleibt auch bei Anwendung eines Revolvers vollkommen fest.

Der Analysator ruht auf einem Messingschieber (*AS*), der sich in Rotguß mit Schwalbenschwanzführung bewegt. Der Schieber hat im Innern des Tubus (*T*) eine stellbare Anschlagschraube. Auch der Analysator ist ein Glan-Thompson-Prisma und ist in einem inneren Rohr mit Kork gefaßt. Dieses Rohr hängt mit seinem oberen umgekehrt konischen Rande in dem äußeren Rohr, welches seinerseits im Schieber lagert und darin um die optische Achse des Instrumentes durch einen Zeiger drehbar ist. Drei trigonal zueinander gestellte Schrauben, deren Gewinde in den unteren Teil des äußeren Rohres greifen, drücken gegen das untere Ende des inneren Rohres und halten es fest. So wird durch Lockern der drei Schrauben und Drehen des Innenrohres, bezw. durch sukzessives Lockern und Anziehen derselben eine Justierung des Analysators auf den mittleren 0-Strich der Kreisteilung, an welcher sich der Zeiger dreht, bezw. eine Justierung des Analysators nach der optischen Achse des Mikroskopes ermöglicht. Die Drehung des Zeigers beträgt 45° links und ebensoviel rechts vom 0-Strich der Kreisteilung, welche in ganze Grade geteilt ist. Die Schwingungsrichtung des Einschiebeanalysators fällt auf 0° und 180°. Wenn man an der rechten Tubusseite (Fig. 2) die Ansatztüre *A*, welche den Kreisquadranten trägt, abnimmt und die äußere linke Anschlagsschraube des Analysatorschiebers entfernt, so kann die ganze Analysatorvorrichtung herausgenommen werden. Oberhalb des Analysators gleicht eine centrierbare Linse mit langem Focus die durch Einschaltung des Kalkspatprismas verursachte Änderung der Bildweite wieder aus. So bleibt das Bild eines Objektes vor und nach Einschiebung des Analysators gleich scharf.

Um das Mikroskop als Focimeter benützen zu können, wurde an der linken Tubusseite ein in $\frac{1}{2}$ mm geteilter Maßstab vertikal befestigt, der an einem auf das Rotgußzwischenstück (*Rg*, Fig. 1) oberhalb des Knopfes der groben Einstellung angeschraubten Nonius gleitet und eine Ablesung auf $\frac{1}{20}$ mm gestattet.

Die Bertrand-Linse. An der linken Mikroskopseite findet sich im Tubus ein großer vertikaler Spalt, durch welchen

Digitized by Google

ein Schieber in den Tubusauszug hineingeschoben werden kann. Dieser Schieber trägt die BERTRAND-Linse, die durch drei Schrauben centrierbar und im Tubusauszug der Höhe nach gegen das Ocular etwas verstellbar ist. Auf der oberen Fläche des Schiebers dient ein Federblättchen mit einem vertikalen Stifte dem Schieber als Anschlag bei der Ausschaltung der BERTRAND-Linse. Wenn man auf das Federblättchen drückt und gleichzeitig zieht, so kann der Schieber entfernt und nach Herausschrauben der Anschlagschraube *M* (Fig. 2) auch der Tubusauszug ganz herausgenommen werden.

Tubusauszug. Der Spalt für die BERTRAND-Linse ist im Tubus so hoch, daß der Tubusauszug mit dem Schieber ca. 30 mm Spielraum hat.

Man beachte, daß die starken Trockensysteme von No. 5 an auf eine Deckglasdicke von 0,14—0,17 mm und auf eine Tubuslänge von 170 mm korrigiert sind. Diese Tubuslänge muß, besonders bei den Immersionen, genau eingehalten werden, sonst büßen die Objektive in ihrer Leistung merklich ein.

Die Tubuslänge wird von der Ansatzfläche des Objektivgewindes bis zur Augenlinse des Oculars gerechnet. Abgelesen wird sie durch eine an der rechten Seite des Tubusauszuges befindliche Millimeterteilung.

Der Teller des Tubusauszuges ist in ganze Grade geteilt und dient zur Aufnahme des Aufsatzanalysators und der KLEIN'schen Aufsatzlupe, welche beide sich über das Ocular stülpen lassen.

Der Aufsatzanalysator ist ebenfalls ein GLAN-THOMPSON-Prisma.

Die 0°-Striche der drei Teilungen bei den Kalkspatprismen befinden sich in derselben vertikalen Ebene, die von rechts nach links, von 0° zu 180° verläuft. Wenn also der Polarisator, der Einschiebeanalysator und der Aufsatzanalysator rechts auf den 0°-Strich ihrer Teilungen gestellt werden, dann verlaufen ihre Kittschichten gleichmäßig von hinten oben nach vorne unten und die Richtung 0—180° geht der kürzeren Seite des von der Kittschicht gebildeten Rechtecks parallel. Da weiter die Schwingungsrichtungen der nach GLAN-THOMPSON konstruierten Nicols den Kittschichten parallel

Digitized by Google

verlaufen, so verlaufen bei obiger Stellung der Prismen auch ihre Schwingungsrichtungen von 0—180°.

Die Oculare. Bei allen sowohl mikroskopischen wie ortho- und konoskopischen Beobachtungen und ebenso bei der Mikrophotographie werden hier nur HUYGENS'schen Oculare mit ausgezeichnetem Erfolg verwendet. Da bei unseren optischen Untersuchungen keine allzu starken Vergrößerungen nötig sind, so kommen die Compensationsoculare, die unter gleichzeitiger Anwendung von apochromatischen Objektiven die allerstärksten und farbenreinsten Vergrößerungen feinster Objekte gestatten, gar nicht in Frage und die gewöhnlichen HUYGENS'schen Oculare No. 0, I, II, III (in seltenen Fällen auch No. IV, wenn die Dicke und die Farbe des Schliffes es erlaubt), in Verbindung mit den achromatischen Objektiven genügen vollkommen.

Alle Oculare haben verschiebbare Augenlinsen:

a) No. 0, I, II, III sind einmal mit Fadenkreuz eingerichtet.

b) No. II und III sind extra mit Blende versehen zur Aufnahme von Mikrometer- bezw. Netzmikrometerglasplättchen, zur linearen Messung von Bildflächen, von kristallographischen Achsenabständen bezw. zur Bestimmung des Arealverhältnisses der Mineralien im Dünnschliffe.

c) No. 0 ist noch als Irisfadenkreuzocular eingerichtet. Irisblende und Fadenkreuz finden sich in der Bildebene des Oculars, so daß, wenn die Iris eingeschnürt wird, ein vorher in den Mittelpunkt des Fadenkreuzes gebrachter Teil eines Kristalldurchschnittes von seiner Umgebung im Bilde isoliert werden kann.

d) No. I trägt noch statt des Fadenkreuzes die vierteilige Quarzplatte nach BERTRAND und wird zu stauroskopischen Bestimmungen benützt.

Außer der einfachsten konoskopischen LASAULX-Methode ohne Ocular können hier mit den HUYGENS'schen Ocularen die zwei Verfahren nach AMICI-BERTRAND und nach C. KLEIN angewendet werden.

Zur aparallaktischen Einstellung der Interferenzbilder gegen Fadenkreuz oder Mikrometerplättchen versäume man nicht, eine Lochscheibe auf das Ocular oder Lupe zu

Digitized by Google

legen. Diese Scheibe wird auch mit dem Aufsatzanalysator, bei stauroskopischen Beobachtungen etc. benützt, damit man nicht schief in den Tubus hineinblickt.

Die BERTRAND-Linse ist zur optischen Achse des Stativs genau justiert nach einer genau senkrecht zur Hauptachse geschnittenen Kalkspatplatte[1]. Beim Drehen des Tisches muß die Mitte des Achsenbildes am Fadenkreuzcentrum bleiben. Man vergesse nicht, daß durch Berührung der Objektivcentrierschrauben das Interferenzbild gegen das Fadenkreuz verschoben wird.

Zur Betrachtung der Interferenzfiguren mit der BERTRAND-Linse sind Ocular II und III mit Fadenkreuz und zur Ausmessung derselben sind Ocular II und III mit Glasmikrometer zu gebrauchen. Mit dem Triebe der Oculareinstellung werden die Interferenzfiguren aparallaktisch auf das Fadenkreuz oder Mikrometer eingestellt. Die Vergrößerung der Achsenbilder wächst von Ocular II zu Ocular III.

Wenn man statt der BERTRAND-Linse die KLEIN'sche Aufsatzlupe zur Betrachtung der Interferenzbilder benützt, so leisten alle vier Oculare 0, I, II, III Ausgezeichnetes. Diese Lupe ist in eine Metallhülse zusammen mit einem Mikrometer eingesetzt und wird nach der Methode von C. KLEIN auf das Ocular gestülpt. Ocular No. 0 gibt damit das größte, Ocular III das kleinste Bild. Ocular 0 wird deswegen zur Ausmessung der Interferenzbilder bei dieser Methode benützt. Bringt man die KLEIN'sche Aufsatzlupe auf das Irisfadenkreuzocular No. 0, so können mit derselben etwaige Interferenzfiguren abgeblendeter mikroskopischer Teile eines Mineraldurchschnittes frei von störendem Nebenlichte beobachtet werden. Unterhalb der Lupe liegt, wie bereits erwähnt, ein verstellbares Mikrometer; will man also das oberhalb der Okularaugenlinse entstehende sekundäre Interferenzbild eines Kristalldurchschnittes, den man abblenden will oder nicht, ausmessen, so stelle man erst die KLEIN'sche Lupe auf dasselbe scharf ein und dann verschiebe man das Mikrometer, bis es ganz scharf erscheint und lasse zuletzt

[1] Zum Verstellen der Schrauben bei der Justierung von Mikroskopteilen liefert die Firma LEITZ ein Etui mit 6 passenden Schraubenziehern.

Digitized by Google

mit dem Triebe der Oculareinstellung eine etwa vorhandene Parallaxe verschwinden. Da die Einschnürung der Irisblende ihre mechanisch-konstruktive Grenze hat, so brauche man mit dem Irisfadenkreuzocular stark vergrößernde Objektive: Trockensystem No. 8 wird auch der größeren Apertur wegen willkommener wie Objektiv No. 7 sein. Mit Objektiv No. 8 reicht man gut aus.

Zu den konoskopischen Beobachtungen sind die starken Objektive von No. 5 an zu benützen. Mit der Stärke dieser Objektive nimmt ihre Apertur, ihr Gesichtsfeld bedeutend zu, von 100—120° und bei dem Metz'schen Objektiv über 140°, der Durchmesser des übersehenen Feldes nimmt aber bedeutend ab. Zur Ausnutzung der Apertur einer Immersion muß der entsprechende obere Condensor auch als Immersion verwendet werden.

Folgende Fig. 6 zeigt einen Schnitt durch ein gewöhnliches Leitz-Mikroskop mit eingetragenem Strahlenverlauf. Schnitt Fig. 7 zeigt daneben den Gang der Lichtstrahlen im Konoskope. Zur Erläuterung dieser letzteren Darstellung seien mir einige Worte gestattet.

Strahlengang des konvergenten polarisierten Lichtes im Mikroskope.

Das als Polarisationsinstrument zur Beobachtung im konvergenten Lichte eingerichtete Mikroskop, das Konoskop, hat in der nebenstehenden Schnittzeichnung, wenn wir von unten anfangen, folgende Anordnung: Der Hohlspiegel; der Polarisator; der aus drei Linsen zusammengesetzte zweigliederige Condensor von dem Öffnungswinkel 120° (Num. Ap. 1,30); das Objektiv, eine Cedernöl-Immersion $\frac{1}{12}$ ebenfalls von der Num. Ap. 1,30; der gegen den Polarisator in gekreuzter Stellung liegende Analysator; die Bertrand-Linse; das Huygens'sche Ocular No. 2.

Die Einzeichnung des Ganges der zwei Randstrahlen in die Durchschnittsfigur 7 des Mikroskopes verdanke ich dem Herrn Karl Metz, wissenschaftlichem Mitarbeiter der Firma Leitz. Bei der Darstellung desselben wurden Radien, Dicken, Abstände etc. der obengenannten optischen Teile rechnerisch und konstruktiv berücksichtigt.

Digitized by Google

Das Licht, das etwa aus einer hellen Stelle des Himmels herkommt, wird nun von dem Hohlspiegel so nach oben reflektiert, daß es in den Polarisator eintreten kann. Wir folgen nur dem Gange zweier symmetrischer Randstrahlen. Im Polarisator werden sie je in zwei Strahlen zerlegt, von

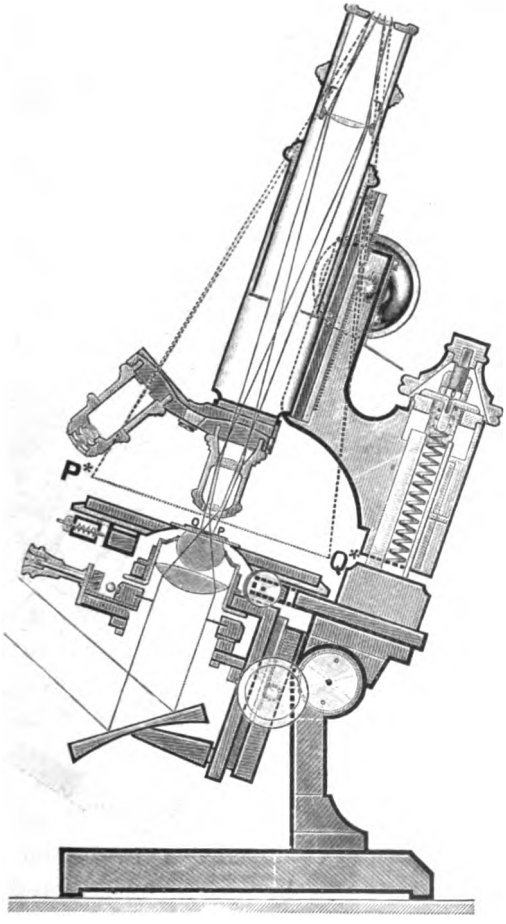


Fig. 6.

welchen der eine, der ordinäre (ω), an der Leinölschicht total reflektiert und so aus dem Gange der Strahlen eliminiert wird, während der andere, der extraordinäre (ε), welcher senkrecht zur Zeichenebene schwingt, hindurchgeht. Der Strahlenverlauf durch den Condensor ist aus der Zeichnung ersichtlich.

Digitized by Google

Letzterer vereinigt das Licht etwa 2 mm über seiner oberen Linsenfläche und die Öl-Immersion $\frac{1}{12}$ hat ihrerseits eine

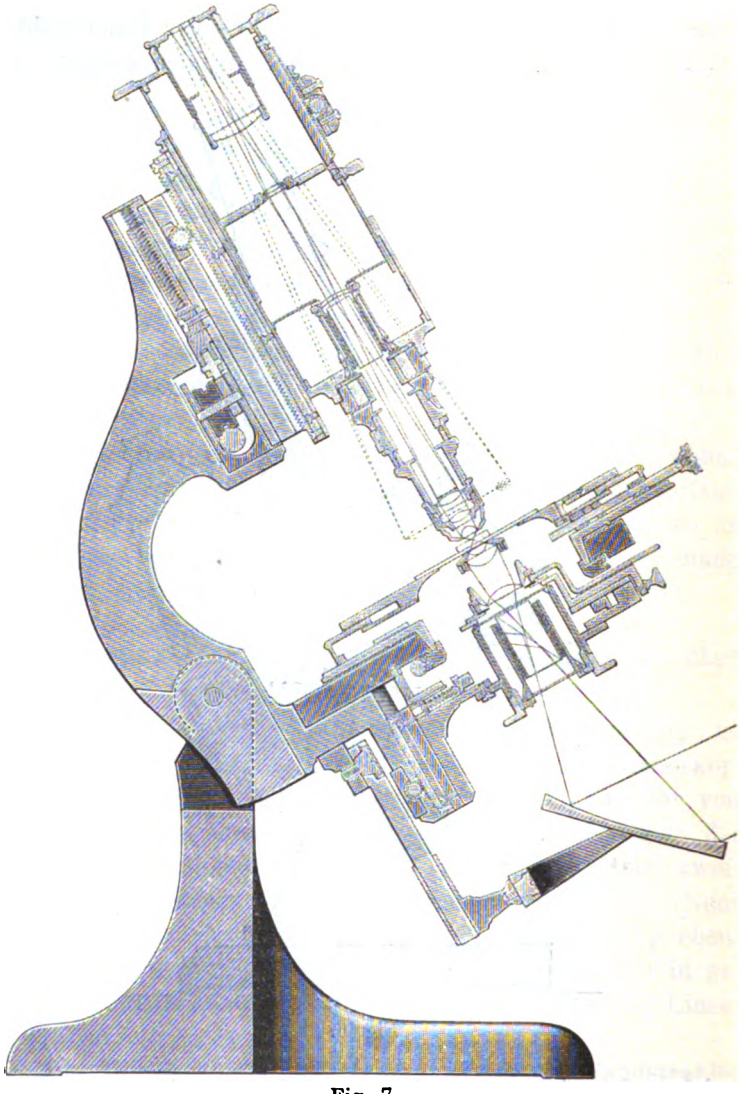


Fig. 7.

Schnittweite von 0,5 mm. Nehmen wir noch eine z. B. senkrecht zur ersten Mittellinie geschnittene planparallele Platte eines optisch anisotropen Kristalls, und schieben wir sie

Digitized by Google

auf dem Objekttisch in den Strahlengang behufs Betrachtung ihres Achsenbildes so ein, daß die Immersion und der Condensor ihre Brennpunkte innerhalb der Platte zusammenfallen lassen. Indem wir hier vom Falle des Parallelismus der optischen Achsenebene der Platte mit dem Hauptschnitte des Polarisators oder Analysators absehen, nehmen wir den Fall der Zwischenlage der Platte an. Also die aus dem Polarisator und Condensor kommenden Wellennormalen der verschieden geneigten Bündel von parallelen, linear polarisierten Lichtstrahlen werden in der Platte in ordentliche und außerordentliche Wellennormalen zerlegt, die parallel den beiden, in der Ebene der Platte liegenden Elastizitätsachsen schwingen. So treffen diese Lichtbewegungen durch das Objektiv auf den Analysator, der ihre beiden Komponenten auf seine Schwingungsebene nach dem Grade der in der Platte gewonnenen Phasendifferenzen zum Interferieren bringt und so fortpflanzt. Die Interferenzerscheinungen werden nun betrachtet durch das Ocular und die Bertrand-Linse, welche zusammen wie ein Mikroskop, das an der oberen Brennebene des Objektivs entstehende und durch die Grenzstrahlen und den ausgezogenen Pfeil angedeutete primäre Interferenzbild, in unserem Falle das Achsenbild der Platte, in ein etwa 5mal[1] vergrößertes, gegen das Objekt umgekehrtes virtuelles Bild (punktierter Pfeil) umwandeln.

Revolver-Schieber-Blende. Diese bereits p. 172, Abschnitt 4 erwähnte Blende ist in beistehender Fig. 8 in natürlicher Größe, von unten aus gesehen, skizziert worden. Sie wird an den unteren Rand des Polarisators oder des Bakteriencondensors vermittelst dreier in der Fig. 8 nicht sichtbarer, unterhalb der Lagerscheibe (*LS*) befindlicher und nach oben konvergierender Backen befestigt. Durch Schraube (*S*) wird der eine dieser Backen nach außen verschoben bezw. fixiert, die anderen zwei sind auf einem Kreise mit der Lagerscheibe fest verbunden und um 120° von dem ersten entfernt. Wenn also der Rand des Polarisators oder Condensors zwischen die Backen gestellt wird, wird die Blende durch Anlegen und Anziehen der Schraube (*S*) an denselben fest angesetzt. Der

[1] Die Vergrößerung ist in Wirklichkeit nur etwa zweifach. Die bessere Übersicht der Zeichnung erforderte eine etwas stärkere Vergrößerung.

Digitized by Google

Durchmesser von Loch 1 entspricht demjenigen des Polarisatorrohrs, von 2 an wirken die Löcher als Blende. Loch 2 sitzt centrisch auf 1, wenn der federnde Stift (*St*) in den Einschnitt (*I*) des Schiebers fällt. Die Mittelpunkte der Löcher auf der Drehscheibe sind heptagonal auf einem Kreis verteilt. An der unteren Fläche des Schiebers, unterhalb (*F*), befindet sich eine Feder, die mit einem vertikalen, durch den Schieber gehenden und an die untere Scheibenfläche drückenden Stift wirkt. Auf dieser Fläche sind kleine, runde, ebenso heptagonal auf dem Wirkungskreis des Stiftes verteilte Ver-

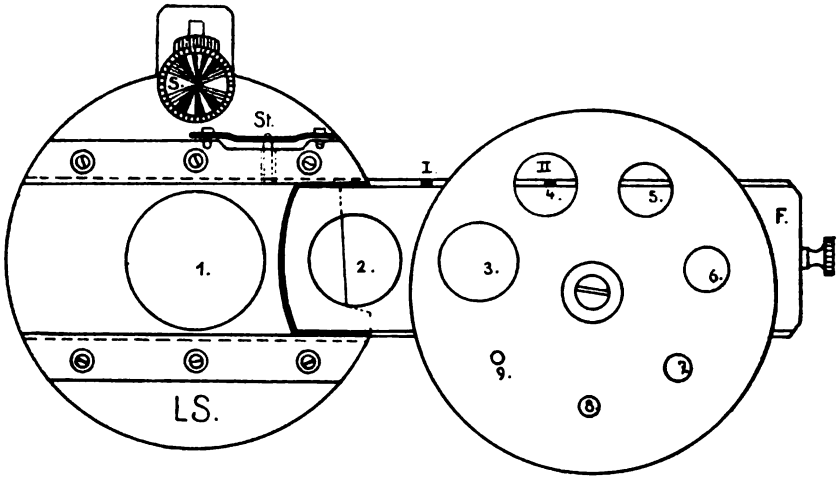


Fig. 8.

tiefungen. Wenn bei Weiterschieben des Schiebers nach links der Stift (*St*) in Einschnitt (*II*) und der Schieberstift beim Drehen der Kreisscheibe in eine der sieben Vertiefungen fällt, so steht immer eine der Vertiefung entsprechende Blende auf Loch 1 centrisch. Will man nun schiefe Beleuchtung erzeugen, so braucht man nur den Schieber noch weiter nach links zu schieben unter Anwendung einer erst auf Loch 1 centrisch gestellten, zweckdienlichen Blende. Mit der Konstruktion dieser Blende mit acht abgestuften Öffnungen war ich bestrebt, die übliche Irisblende zwischen Polarisator und Spiegel zu ersetzen und die Revolver-Blende gleichzeitig als einen Wright'schen Schieber dienen zu lassen. Der Milli-

Digitized by Google

meterdurchmesser der Blendenöffnungen findet sich neben derselben eingraviert.

Mikrophotographie. Auch der praktischen Verwendung des hier beschriebenen mineralogischen Mikroskopes auf dem Gebiete der Mikrophotographie ist gebührend Rechnung getragen worden. Dasselbe kann mit dem neuen Leitz'schen mikrophotographischen Universalapparate[1] zu aller Art Aufnahmen benützt werden. Für gewöhnlich werden unsere photographischen Aufnahmen mit den achromatischen Objektiven und mit den Huygens'schen Ocularen durchgeführt, doch können

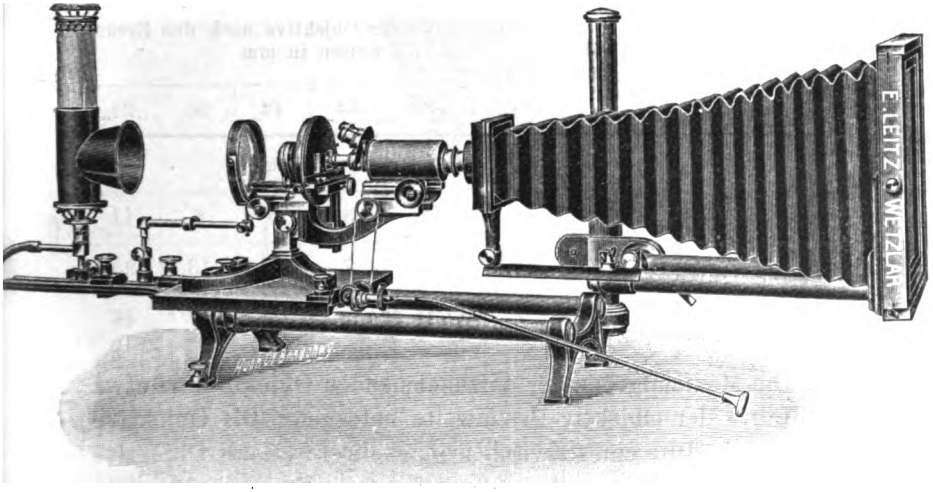


Fig. 9.

auch die Objektive allein ohne Ocular dazu benützt werden. Der mikrophotographische Apparat wird mit dem Mikroskope sowohl in horizontaler wie in vertikaler Lage gebraucht. Fig. 9 und 10 zeigen ihn in solchen zwei Lagen abgebildet.

Aber auch bei Gegenständen, deren Größe eine Aufnahme mit den schwachen Mikroskopobjektiven und ebenso mit den gewöhnlichen Cameraobjektiven nicht mehr gestattet, kann

[1] Näheres darüber findet sich in der Schrift: „Mikrophotographische Apparate und Objektive" von E. Leitz, Wetzlar, nebst einer „Anleitung zum Gebrauch der Apparate mit photographischer Technik". 3. Ausgabe. 1905.

Digitized by Google

der mikrophotographische Apparat in Verbindung mit einer Hemimakro-Objektiv-Reihe, so wie sie von der Firma Leitz unter dem Namen „Mikrosummar-Reihe" geführt wird, mit ausgezeichnetem Erfolge verwendet werden.

Die Mikrosummare besitzen eine Öffnung f : 4,5 und sind sphärisch, astigmatisch und chromatisch in hohem Grade korrigiert. Folgende Tabelle gibt die Vergrößerungen solcher nach ihren Millimeter-Brennweiten geordneten Objektive in einem Abstand von 250, 500 und 1000 mm von der Mattscheibe der photographischen Camera.

Abstand der Mattscheibe von der Objektivblende in mm	Bezeichnung der Objektive nach den Brennweiten in mm					
	120	80	64	42	35	24
	Vergrößerungen					
250	1	2	3	5	6	11
500	3	5	7	11	13	23
1000	7	11	15	23	27	46

Die Maximalgröße der aufzunehmenden Objekte darf etwa die Hälfte der Objektiv-Brennweite betragen. Die Objektive werden mit Hilfe eines Zwischenringes direkt an das Objektivbrettchen des Camerahalses angeschraubt. Es empfiehlt sich, den mikrophotographischen Apparat mit einem Meter Balglänge zu beziehen; dadurch sind nicht nur stärkere Vergrößerungen möglich, sondern man kann dann auch mit einer geringeren Anzahl von Objektiven auskommen. Da aber nicht allein ebene Schnitte oder Flächen, vielmehr — und das gilt besonders für die Mikrosummare — auch Reliefgegenstände aufgenommen werden sollen, deren Tiefe durch zweckmäßiges Einschnüren der Irisblende herausgeholt wird, so dürfte aus der obigen Mikrosummarreihe höchstens das 64 mm-Objektiv wegfallen. Als Universal-Cameraobjektiv eignet sich Periplan, F : 7 mit 180 mm Brennweite. Mit einer solchen Reihe von photographischen Objektiven ist man für alle möglichen Fälle gut ausgerüstet.

Digitized by Google

Der horizontal gestellte mikrophotographische Apparat gestattet weiter unter Zuhilfenahme eines vertikalen Tischchens und Anwendung der Mikrosummarobjektive Vergrößerungen von Negativen oder von Bildern nach gewünschtem Maßstabe.

Endlich ist der mit Mikrosummaren und Periplan ausgerüstete mikrophotographische Apparat auch zu stereo-

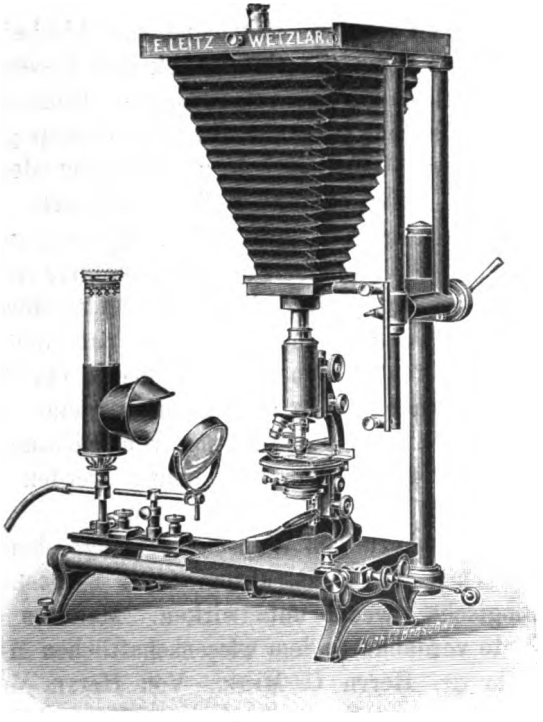


Fig. 10.

skopischen Aufnahmen lebloser Gegenstände sehr vorteilhaft zu gebrauchen. Das aufzunehmende Bild wird dabei von seiner zentralen Lage auf der Mattscheibe, durch Verschiebung des Objektes, einmal links und einmal rechts um je 32 mm verstellt und in diesen zwei Seitenstellungen scharf eingestellt und aufgenommen. Eine Stereoskopkassette gestattet die beiden mit dem mittleren Augenabstand von 64 mm voneinander abstehenden Aufnahmen auf eine einzige Platte zu bringen, was für ein gleichmäßiges Entwickeln und Kopieren sehr wesent-

Digitized by Google

lich ist[1]. Es sei mir gestattet, hier die Aufnahmen einer Kristallgruppe von Pyrit und von Bergkristall, einer Druse von Zeolithen und eines auf drei Flächen aufgenommenen Diamantzwillings beizulegen. Diese Mineralien wurden mir von Prof. Goldschmidt gütigst anvertraut und im photographischen Atelier der Firma Leitz aufgenommen.

Mineralogisch, geologisch und besonders paläontologisch wichtige Gegenstände können ja nur stereoskopisch wirklich vollendet abgebildet werden. Bezeichnet man hierbei auf dem Gegenstand selbst etwa mit einem Lack erst dessen wichtige Stellen, so lenkt dann das aufgenommene Bild bei dessen Betrachtung mit einem passenden Handstereoskop gleich und unzweideutig unser Auge auf jene zu besprechenden Stellen, die im Bilde mit naturgetreuem Relief erscheinen. Was von solchen Aufnahmen gesagt, gilt erst recht von geologisch-photographischen Freiaufnahmen, die allerdings mit Hand- oder Stativcamera und mit Objektiv-Doublette durchgeführt werden müssen. Dabei kann, wenn keine natürlichen Merkmale an gewünschten Stellen da sind, ebenso ein Zweig mit einem Papierfähnchen, einige aufgetürmten Steine, ein Stock oder sonstiges gut zur Bestimmung von Richtungen oder Grenzen dienen: durch die Bezeichnung werden diese im stereoskopischen Bilde präzis hervortreten.

Der Verf. hat gern dem Wunsche der angesehenen Firma Leitz entsprochen, zur Konstruktion eines Mikroskopmodells für mineralogische Zwecke mitzuwirken. Manches auf optischem Gebiete verdankt er dem wissenschaftlichen Mitarbeiter der Firma Leitz, Herrn C. Metz. Von Herrn Mechaniker P. Weilinger wurden die mechanischen Konstruktionen miterdacht und verständnisvoll durchgeführt.

Möge unser Versuch, ein einheitliches und möglichst allen Anforderungen der mineralogischen und petrographischen Technik entsprechendes Instrument herzustellen, gelungen sein.

[1] Über die Bedingungen für die Aufnahme und die Betrachtung des stereoskopischen Bildes siehe M. v. Rohr „Das Sehen" in den „Grundzügen der Theorie der optischen Instrumente" von Dr. S. Czapski.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Südamerika.

Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben

von G. Steinmann.

XII.

Beiträge zur Fauna des oberen Malm und der unteren Kreide in der argentinischen Cordillere.

Von

Oskar Haupt aus Kassel, Hessen-Nassau.

Mit 4 Doppeltafeln (VII—X).

Infolge der von Herrn Prof. G. Steinmann im Jahre 1902/03 unternommenen Forschungsreise in die Anden von Südamerika übersandte das Museo National in Buenos-Aires eine größere Sammlung von Fossilien an das geologische Institut der Universität Freiburg i. Br. Mit der Bearbeitung dieses Materials wurde ich hierauf von Herrn Prof. G. Steinmann betraut, dem ich an dieser Stelle für die überaus freundliche und stete Unterstützung bei dieser Arbeit meinen ergebensten Dank auszusprechen gern Gelegenheit nehme. Ebenso möchte ich es nicht unterlassen, den Herren Prof. Boehm und Prof. Paulke für ihre Bereitwilligkeit, mit der sie mir immer mit Rat und Tat zur Seite gestanden, bestens zu danken.

Das Material stammt insgesamt von einem Fundpunkt, dem Orte Loteno, der am Ostabhang der argentinischen Cordillere am Rio Neuquen gelegen ist, wo dasselbe freilich ohne Rücksicht auf die Schichtenfolge gesammelt wurde.

Digitized by Google

Letzterer Umstand erschwerte die Arbeit einigermaßen, da nur durch gegenseitigen Vergleich der anhaftenden Gesteinsstücke die zu einer Schicht gehörenden Fossilien zu erkennen waren. Auch die mehr oder minder starke Verkieselung mehrerer Exemplare machte sich unangenehm geltend, besonders bei den Ammoniten, da hierdurch das Sichtbarmachen der Suturlinien oft ganz verhindert wurde.

Die Zeichnungen sind sämtlich mit Ausnahme der Lobenlinien, die der größeren Genauigkeit wegen von mir selbst angefertigt wurden, von dem damaligen Universitätszeichner Herrn Schilling in Freiburg in meiner Gegenwart mit vielem Geschick ausgeführt worden, so daß sie eine getreue Wiedergabe der Objekte bieten. Die Originale zu vorliegender Arbeit befinden sich im Besitze des geologischen Instituts der Universität.

A. Paläontologischer Teil.

Pisces.

Lepidotus maximus Wagner (= *Sphaerodus gigas* Ag.).

Zittel, Die Fauna der älteren cephalopodenführenden Tithonbildungen. Supplement II. Taf. I Fig. 1.

Gemmellaro, Studi paleontologici sulla fauna del Calcare à *Terebratula janitor*. p. 6. Taf. II Fig. 1—14.

Mehrere gut erhaltene Zähne stimmen mit den Abbildungen und Beschreibungen obiger Autoren völlig überein, bieten jedoch zu weiteren Erörterungen keinen Anlaß.

Wahrscheinlich aus dem Portland. Die Zähne sind isoliert ohne jeden Gesteinsanhang.

Cephalopoda.

Nautilus cf. *subinflatus* d'Orb. sp.

Steuer, Argentinische Jura-Ablagerungen. p. 78.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	115 mm	
Nabelweite	14 „	0,12
Höhe der letzten Windung . .	62 „	0,53
Dicke „ „ „ . .	92 „	0,80

Zwei z. T. beschalte Exemplare zeigen sehr gut alle Merkmale der von Steuer beschriebenen Art. Die Lobenlinie weicht auf den älteren Umgängen kaum von der radialen Richtung ab, während sie auf den jüngeren sanft geschwungen

Digitized by Google

erscheint, was daher rührt, daß sich auf der Mitte der Flanken und der Externseite allmählich eine flache Bucht ausbildet. Die Schale zeigt feine Rippen, die gleich der Suturlinie, nur etwas stärker geschwungen, über die Oberfläche verlaufen.

Zwei ganze Exemplare und mehrere Bruchstücke. Oberes Kimmeridge.

Aspidoceras Steinmanni n. sp.

Taf. VII Fig. 1a—d.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	132 mm	
Nabelweite	41 „	0,31
Höhe der letzten Windung	56 „	0,42
Dicke „ „ „	78 „	0,59

Gehäuse mit tiefem, aber ziemlich weitem Nabel und niedrigen, dicken, auf der Externseite mäßig stark gewölbten, sehr breiten Umgängen, die sich beinahe zur Hälfte umschließen. Die an Dicke rasch zunehmenden Windungen sind bedeutend breiter als hoch und fallen steil gegen den Nabel ein, ohne jedoch eine Kante zu bilden. Die Flanken sind mit 2 Reihen meist korrespondierender Knoten besetzt, von denen die innere dem Nabelrande entlang laufende Reihe weniger stark entwickelt ist, während die äußere, ungefähr auf der Mitte der Flanken verlaufende, äußerst dicke und lange Dornen trägt. Die Externseite ist außerdem auf der letzten vorhandenen Windung mit wulstigen Rippen versehen, die z. T. mit den Knotenreihen der Flanken korrespondieren; doch kommen auch zwischengeschaltete vor. Auf den inneren Windungen gehen jedoch die Rippen allmählich in 2 Knotenreihen über, indem sich eine Furche auf der Mitte dieser Rippen entwickelt. Hierdurch erhält die Jugendform von der älteren in der äußeren Verzierung ein stark abweichendes Aussehen.

Die Suturlinie, die an dem kleineren Exemplar ziemlich gut sichtbar gemacht werden konnte, besteht aus Externlobus, 2 Lateralloben und Auxiliarlobus. Die Loben sind mäßig breit und nicht tief zerschlitzt. Der Externlobus ist gleich lang und breit mit dem 1. Lateralobus.

Von den 2 vorliegenden Exemplaren ist das größere vollständig mit einer etwa 1 mm dicken verkieselten Schale

Digitized by Google

versehen, die feine Anwachsstreifen zeigt und besteht trotz seiner Größe, wie auch das kleinere Exemplar, nur aus Luftkammern.

Was diese Form besonders interessant erscheinen läßt, ist das Auftreten der doppelten Knotenreihe auf der Externseite. Hierdurch erinnert die äußere Erscheinung außerordentlich an die mamillaten Kreideformen *(Douvilleiceras)*. Bei dem merkwürdigen Verschwinden der Gattung *Aspidoceras* mit dem Jura liegt übrigens die Annahme nahe, daß diese Gattung in den Kreideformen, wie *Douvilleiceras*, vielleicht auch *Acanthoceras*, ihre natürliche Fortsetzung habe, wobei die geringe Änderung im Bau der Suturlinie nicht in die Wagschale fallen kann[1]. Ferner denke man an die außerordentliche Variabilität solcher Formen, wie z. B. *Acanthoceras rhotomagense* und *Douvilleiceras mamillare*, von denen es in der äußeren Verzierung so abweichende Formen gibt, daß man die Extreme ruhig als neue Arten aufführen könnte, wenn sie nicht durch vermittelnde Glieder verbunden wären.

Aus dem Kimmeridge—Tithon.

Aspidoceras cf. *andinum* Steuer sp.

Taf. VII Fig. 2.

Steuer, Argentinische Jura-Ablagerungen. p. 70. Taf. V Fig. 5—7.
Gemmellaro, G., Sopra alcune fauna giuresi e liasiche della Sicilia. Studi paleontologici. p. 43. Taf. VII Fig. 7 u. 10.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	102 mm	
Nabelweite	29 „	0,28
Höhe der letzten Windung . .	43 „	0,42
Dicke „ „ „ . .	62 „	0,61

Das nur aus Luftkammern bestehende Gehäuse zeigt sowohl mit *Aspidoceras andinum*, sowie mit *A. meridionale* große Ähnlichkeit. Die rasch an Dicke und Breite zunehmenden Windungen zeigen den Querschnitt von *A. meridionale*, während die weniger tief zerschlitzte Lobenlinie mit der von

[1] Diese Ansicht von der Umwandlung zahlreicher Tiergattungen in den einzelnen geologischen Perioden und damit die Erklärung des so sonderbaren plötzlichen Aussterbens mancher Tierformen ist von Herrn Prof. Steinmann schon des öfteren eifrig vertreten worden, und glaube ich diese Hypothese auch auf mehrere Arten vorliegender Arbeit anwenden zu können.

Digitized by Google

A. andinum besser übereinstimmt mit Ausnahme des Externlobus, der mit dem I. Laterallobus gleich lang ist. Die gut erhaltene, etwa 1 mm dicke Schale ist mit feinen Anwachsstreifen bedeckt, von denen 1½—2 auf 1 mm kommen. Nach den Untersuchungen scheint vorliegendes Exemplar eine Mittelstellung zwischen *A. meridionale* und *A. andinum* einzunehmen. Leider liegt nur ein Exemplar vor, so daß weitere Betrachtungen hieran nicht geknüpft werden können und ich dasselbe vorläufig bei obiger Art belasse.

Aus dem Kimmeridge.

Aspidoceras euomphalum Steuer sp.

Steuer, Argentinische Jura-Ablagerungen. p. 69. Taf. V Fig. 1—4.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	79 mm	
Nabelweite	23 „	0,29
Höhe der letzten Windung . .	34 „	0,43
Dicke „ „ „ . .	45 „	0,58

Das vorliegende Exemplar ist identisch mit dem von Steuer (l. c.) beschriebenen und abgebildeten von Cieneguita. Die Stacheln sind dünn und lang und die Umgänge legen sich so dicht an die innere Stachelreihe an, daß hierdurch Eindrücke auf den Wandungen entstehen. Auch zeigt die Schale, wo sie gut erhalten ist, feine Rinnen, die 1½—2 mm voneinander entfernt stehen.

Die Lobenlinie ließ sich leider nicht sichtbar machen, da das einzige mir zur Verfügung stehende Exemplar gänzlich in Kalkspat umgewandelt ist. Gleichwohl ist schon nach dem bloßen Äußeren die Stellung dieses Stückes zu obiger Art gesichert.

Aspidoceras cf. *rogoznicense* Zeuschn. sp.

Zittel, Die Cephalopoden der Stramberger Schichten. 1868. p. 79. Taf. VII Fig. 1 a. b.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	122 mm	
Nabelweite	33 „	0,27
Höhe der letzten Windung . .	51 „	0,41
Dicke „ „ „ . .	72 „	0,59

Das vorliegende Stück besteht nur aus einer halben Windung, die noch den Luftkammern angehört. Die Schale

Digitized by Google

fehlt vollständig. Die Suturlinie ist ziemlich gut erhalten. Der Siphonallobus etwas länger als der I. Laterallobus. Die Externseite ist mit breiten Rippen bedeckt, die meistens mit den doppelten Knotenreihen korrespondieren. Die Übereinstimmung des Bruchstückes mit obiger Spezies ist, soweit möglich, ziemlich vollkommen.

Perisphinctes proximus Steuer sp.

Steuer, Argentinische Jura-Ablagerungen. p. 34. Taf. VIII Fig. 7—11.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	38 mm	
Nabelweite	17,5 „	0,46
Höhe der letzten Windung	11 „	0,29
Dicke „ „ „	12 „	0,31

Die vorliegenden gut erhaltenen Exemplare entsprechen sowohl in Maß und Verhältnis der Einrollung, als auch in der Skulptur genau der von Steuer beschriebenen Art. Die Rippen nehmen mit den Umgängen an Zahl zu. Die 3 Stücke sind verkieselt. Lobenlinie nicht sichtbar.

Aus dem Tithon.

Perisphinctes mangaensis Steuer sp.

Steuer, Argentinische Jura-Ablagerungen. p. 33. Taf. XIII Fig. 7—9.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	29 mm	
Nabelweite	12 „	0,41
Höhe der letzten Windung	10 „	0,34
Dicke „ „ „	11 „	0,37

Ein kleines, aber gut erhaltenes, ebenfalls verkieseltes Exemplar möchte ich hierherstellen, da es mit der Zeichnung und Beschreibung obiger Art am besten übereinstimmt. Wie schon Steuer als Unterschied von der vorigen angibt, stehen hier die Rippen dichter und ist die Zahl derselben auf mehreren Windungen konstant (ca. 40 auf einem Umgang).

Aus dem Tithon.

Perisphinctes Nikitini Mich. sp.

Michalski, Die Ammoniten der unteren Wolgastufe. p. 232. Taf. XII Fig. 5—7 u. Taf. XIII Fig. 1—3.

Digitized by Google

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	135 mm	
Nabelweite	58 „	0,43
Höhe der letzten Windung . .	45 „	0,33
Dicke „ „ „ . .	42 „	0,31

Mit keiner sonstigen Form stimmen die 3 vorliegenden Exemplare besser überein als mit dieser. Die Maßverhältnisse sind ganz die gleichen, wie sie MICHALSKI angibt. Die Umgänge umfassen einander ungefähr zur Hälfte und lassen die Spaltungsstelle der Rippen noch frei. Die Rippen halten auf den inneren Windungen streng die Zweiteilung ein, während später eine Dreiteilung der Rippen stattfindet oder einzelne Rippen interponiert sind. Letztere enden dann frei in der Gegend, wo die anderen Rippen sich teilen. Zwei Stücke dieser Art sind gleich und feiner berippt, während ein drittes besonders starke, durch breite Zwischenräume getrennte Rippen aufweist. Parabelrippen und -knoten fehlen. Einschnürungen sind auf einem Umgang meist 3 vorhanden. Sie sind auf den Flanken breiter als auf der Ventralseite.

Die Lobenlinie war leider bei keinem Exemplar sichtbar zu machen.

Nach den vorliegenden Stücken möchte ich nicht zögern, die argentinischen Exemplare mit den russischen zu vereinigen.

Perisphinctes argentinus n. sp.

Taf. VIII Fig. 1 a—c.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	105 mm	
Nabelweite	50 „	0,47
Höhe der letzten Windung . .	32 „	0,30
Dicke „ „ „ . .	45 „	0,42

Das bis zum Ende gekammerte, sehr gut erhaltene Gehäuse ist ziemlich weitnabelig. Die im Querschnitt ovalen Umgänge umfassen einander etwa $\frac{1}{4}$, so daß die Spaltungsstellen der Rippen nicht mehr sichtbar sind. Die Rippen, ziemlich grob, stehen nicht sehr dicht auf den inneren Windungen und die Zwischenräume derselben nehmen mit den Umgängen an Breite zu. Bis zu 65 mm Durchmesser teilen sich die Rippen auf der Mitte der Flanken in 2, von da ab in 3 Äste, ohne virgatotome Anordnung. Die Spaltrippen

Digitized by Google

verlaufen fast gerade und ununterbrochen über die Externseite, wobei die Rippenbündel nicht miteinander alternieren. Eingeschaltete Rippen fehlen. Die Hauptrippen, die auf der Mitte des gerundeten, mäßig steilen Nabelrandes entspringen, weichen nur wenig von der radialen Anordnung ab. Einschnürungen, 5—6 auf jedem Umgang, schräg nach vorn geneigt, auf den Flanken breit, auf der Externseite rinnenartig.

Die ziemlich zerschlitzte Lobenlinie zeigt einige Ähnlichkeit mit der von *Perisphinctes dorsoplanus* Vischn., jedoch sind der I. Laterallobus gerade, der II. Laterallobus viel schmaler. Ferner ist ein stärker hängender Nahtlobus mit 2 sehr schrägen Hilfsloben vorhanden. Außerdem ist der I. zweiteilige Lateralsattel höher als der Externsattel.

Als nächster Verwandte dieser Art kann *P. dorsoplanus* Vischn. gelten. Die von Burckhardt als *P.* aff. *dorsoplanus* beschriebene Art aus der Cordillere von Casa Pincheira zeigt jedoch in bezug auf Berippung und Querschnitt mit der unserigen gar keine Ähnlichkeit.

Gehört wohl sicher in die Virgatenzone des Unter-Tithon.

Perisphinctes cf. *striolatus* Steuer sp.

Steuer, Argentinische Jura-Ablagerungen. p. 36. Taf. XIV Fig. 8—10.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	51 mm	
Nabelweite	19 „	0,37
Höhe der letzten Windung	19 „	0,37
Dicke „ „ „	18 „	0,35

Drei gut erhaltene Exemplare schließen sich enge an die von Steuer l. c. beschriebene Art an. Sie unterscheiden sich jedoch etwas von derselben durch ein weniger rasches Anwachsen der Umgänge, wie auch aus den Maßverhältnissen zu erkennen ist. Die Berippung ist die gleiche. Eine Medianfurche ist kaum merklich angedeutet. Die Einschnürungen, deren 5 auf einen Umgang kommen, sind wenig auffallend, schmal und folgen dem Verlauf der Rippen.

Von *Perisphinctes Dunikowskii* (*P. chloroolithicus* Waag.) unterscheidet sich unsere Art durch die konstant bleibende

Digitized by Google

Berippung, indem die Abstände der Rippen auf allen Umgängen die gleichen bleiben.

Aus dem Portland.

Perisphinctes aff. *pseudolictor* Choff. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 36. Taf. IV Fig. 1—6.

		Verh. z. D.			Verh. z. D.
Durchmesser	92 mm		Durchmesser	64 mm	
Nabelweite	36 „	0,39	Nabelweite	27 „	0,42
Höhe d. letzt. Windg.	33 „	0,36	Höhe d. letzt. Windg.	21 „	0,33
Dicke „ „ „	35 „	0,38	Dicke „ „ „	23 „	0,35

Vier vorliegende gut erhaltene Exemplare glaube ich mit dieser Art vereinigen zu können. Der einzige Unterschied, nämlich ein etwas schnelleres Anwachsen der Windungen, kann, wenn alle sonstigen Merkmale stimmen, kein genügender Grund zur Abtrennung sein.

Kimmeridge und Unter-Tithon.

Perisphinctes aff. *bifurcatus* Qu. sp.

Quenstedt, Ammoniten des schwäbischen Jura. III. Weißer Jura. p. 931 ff. Taf. 101 Fig. 9—19.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	66 mm	
Nabelweite	32 „	0,48
Höhe der letzten Windung . .	19 „	0,27
Dicke „ „ „ . .	22 „	0,33

Mehrere Exemplare, die sich jedoch wieder untereinander geringfügig unterscheiden, werden hier am besten ihren Platz finden. Gehäuse scheibenförmig, ziemlich weitnabelig und nur schwach vertieft. Die Umgänge, deren Querschnitt gerundet quadratisch, umfassen $\frac{1}{4}$ einander. Externseite etwas abgeplattet mit schwacher Medianfurche. Die Rippen dünn und scharf, nur wenig nach vorn geschwungen, spalten sich etwas über der Mitte der Flanken, bei den letzten Umgängen auf dem äußeren Drittel, in 2 Äste. Der Abstand der Hauptrippen, bei den einzelnen Exemplaren etwas schwankend, ist ziemlich breit und nimmt auf den Windungen nur sehr langsam zu. Die Spaltrippen verlaufen etwas nach vorn geneigt über die Externseite und sind so scharf wie die Hauptrippen. Einschnürungen vorhanden, wenig auffällig, vorn von einer

Digitized by Google

einfachen Rippe, hinten von einem Rippenbündel begrenzt, etwa 3 auf einem Umgang.

Da auch die Lobenlinie nicht sichtbar zu machen war, so ist die Stellung dieser Formen etwas unsicher. Mit ihren dicken Windungen und ihrer Weitnabeligkeit scheinen sie aber einen Übergang von der Gruppe des *Perisphinctes bifurcatus* Qu. zu der des *P. colubrinus* Zitt. zu bilden.

Kimmeridge-Portland.

Perisphinctes aff. *Erinus* d'Orb. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 52. Taf. VIII Fig. 5; Taf. IX Fig. 1 u. 2.

	I.	II.	Verhält. zum Durchm. I.	II.
Durchmesser	142	63 mm		
Nabelweite	42	17 „	0,29	0,27
Höhe d. letzt. Windung .	61	29 „	0,43	0,46
Dicke „ „ „	56	27 „	0,39	0,43

Die vorliegenden Exemplare stimmen völlig mit Burckhardt's Abbildung und Beschreibung überein und zeigen alle für diese Art charakteristischen Merkmale, indem sie sich gegenseitig in bezug auf Skulptur und Lobenlinie ergänzen. Gehäuse nur gering aufgeblasen, seitlich abgeplattet, mit mäßig weitem und tiefem Nabel. Nabelrand in der Jugend senkrecht, später weniger steil einfallend mit gerundeter Nabelkante. Windungsquerschnitt mit dem Alter wechselnd, mehr oder weniger elliptisch, mit der größten Dicke in der Nähe der Nabelkante. Die Rippen teilen sich auf den inneren Windungen in zwei oder mehr Äste auf dem inneren Drittel der Flanken. Späterhin gehen wulstartige Knoten von dem Nabelrand aus, von denen die Spaltrippen bündelförmig ausstrahlen. Dieselben schwingen auf den Flanken leicht nach vorn und verlaufen, die Richtung beibehaltend, ununterbrochen über den stark gerundeten Externteil. Bei einem Exemplar von 63 mm Durchmesser zählt man auf einer Windung auf der Externseite 116 solcher Spaltrippen, denen auf der Nabelkante etwa 12 Hauptrippen + 8 Nabelknoten entsprechen. Einschnürungen schmal aber deutlich, vorn von einer einfachen Rippe, hinten von einem Rippenbündel begrenzt, 5 auf einem Umgang.

Digitized by Google

Suturlinie mäßig zerschlitzt, gegen die Nabelkante nur wenig gesenkt. Externlobus mit 2 parallelen Endästen, fast gleich lang mit dem dreispitzigen I. Laterallobus, der nicht ganz symmetrisch. II. Laterallobus nur wenig mehr als halb so lang wie der vorige, gleich gestaltet. I. Hilfslobus auf der Nabelkante, schräg gegen den II. Laterallobus geneigt, ähnlich ausgebildet und fast gleich lang. Auf der Nabelwand noch 2 weitere Hilfsloben noch schräger gestellt, einfacher und nur halb so lang als der vorige. Alle Sättel sind zweiteilig und sehr dünnstämmig am Grunde.

Neun Exemplare, z. T. vorzüglich erhalten, in verschiedenen Größen.

Kimmeridge und unteres Portland.

Perisphinctes Erinoides Burckh. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 51. Taf. VIII Fig. 1—4.

Durchmesser	175 mm
Nabelweite	57 „
Höhe der letzten Windung . .	70 „ (ungefähr)
Dicke „ „ „ . .	nicht festzustellen.

Dies durch Gebirgsdruck stark deformierte Exemplar stimmt, was Involution und Berippungscharakter anbetrifft, sehr gut mit der Burckhardt'schen Abbildung überein. Die Lobenlinie, die nur in einzelnen Teilen und stark verschoben sichtbar ist, zeigt eine feinere Zerteilung der Loben und Sättel als wie bei der vorigen Art.

Ein Exemplar. Kimmeridge.

Virgatites scythicus Vischn. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 45. Taf. VII Fig. 1—8.

	I.	II.	Verhält. z. Durchm. I.	II.
Durchmesser	119	91 mm		
Nabelweite	48	35 „	0,40	0,38
Höhe der letzten Windung .	41	32 „	0,34	0,35
Dicke „ „ „ .	40	31 „	0,33	0,34

Die 5 vorliegenden Exemplare stimmen recht gut mit der von Burckhardt gegebenen Beschreibung und Abbildung

Digitized by Google

überein. Die Rippen auf den inneren Windungen gehören dem biplicato-bidichotomen Stadium an, hierauf folgt das virgato-dichotome Stadium und auf der Wohnkammer treten wieder biplicate Spaltrippen auf. Zwei von unseren Exemplaren halten jedoch diese allgemeine Anordnung nicht inne, indem die Berippung etwas dichter ist und auch auf der Wohnkammer sich die Rippen oft in 3—4 spalten. Der Mundsaum ist etwas angeschwollen, auf der Externseite etwas vorgezogen und besitzt beiderseits in der Höhe der Spaltungsstelle der Rippen ein kurzes Ohr. Einschnürungen 3—5 auf einem Umgang. Auch die Lobenlinie zeigt mit obiger Art die meiste Ähnlichkeit. Die zwei kleinen Hilfsloben sind schräg gestellt und enden in gleicher Höhe mit dem II. Laterallobus, der gegen den I. Laterallobus kaum merklich geneigt ist. Eine Medianfurche auf der Externseite ist bei keinem Exemplar zu bemerken.

Aus der Virgatenzone des Unter-Tithon.

Virgatites cf. aff. *apertus* Vischn. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 47. Taf. VII Fig. 10—12.

Durchmesser	ca. 90 mm
Nabelweite	32 „
Höhe der letzten Windung . . .	ca. 35 „
Dicke „ „ „ . . .	nicht festzustellen.

Ein auf der einen Seite durch Gebirgsdruck ganz unkenntliches, auf der anderen dagegen gut erhaltenes Exemplar mag am besten hier seinen Platz finden.

Die Berippung ist feiner und dichter, da sich die Rippen meist in 4 spalten. Von der Lobenlinie ist der Externlobus nicht sichtbar. I. Laterallobus schmal, aus einem Hauptast und 4 Paar Seitenästen bestehend, wovon das unterste Paar nicht symmetrisch. II. Laterallobus halb so lang als der vorige, unsymmetrisch dreispitzig, gegen den I. Laterallobus etwas geneigt. I. Hilfslobus vor der Nabelkante sehr schief nach außen gestellt, so lang wie der II. Laterallobus, ebenfalls dreispitzig. II. Hilfslobus etwas unterhalb der Nabelkante parallel dem I. Hilfslobus, etwas kürzer. Ein III. Hilfslobus breit und kurz auf der Nabelwand, ebenfalls dem vorigen

Digitized by Google

parallel. I. Lateralsattel durch einen Sekundärlobus in 2 ungleiche Hälften geteilt, von denen die innere etwas breiter und höher als die äußere. II. Lateralsattel in 2 gleiche Hälften geteilt. I. Hilfssattel sehr schräg, mit der Nabelkante abschneidend, ungleich geteilt, innerer Teil größer als der äußere. II. Hilfssattel ungeteilt.

Ein Exemplar zusammen mit den vorhergehenden. Virgatenzone des Unter-Tithon.

Genus *Neumayria* Burckh. non Nikitin, non Bayle.

Dieses Genus *Neumayria*, das von Burckhardt l. c. für die andinen Formen beibehalten wurde, muß als ein vollwertiges Genus der Amaltheiden betrachtet werden. Die Unterschiede in der Suturlinie sind doch zu groß, um es mit anderen Genera zu vereinigen. Die fingerförmige Teilung der Loben weist die meiste Ähnlichkeit mit *Oxynoticeras* auf, von der sich jedoch die Suturlinie durch fast gleiche Höhe der Sättel und durch den Externlobus unterscheidet, der nur halb so lang als der I. Laterallobus. Zu der von Nikitin aufgestellten, später aber mit *Oxynoticeras* vereinigten Gattung *Neumayria* hat sie ebensowenig Beziehung, da ja nach dessen Angabe der I. Laterallobus noch kürzer sein soll als der Externlobus, während bei unserer Form gerade das umgekehrte Verhältnis vorhanden ist. Auch das Genus *Haploceras* erscheint ausgeschlossen, das ja durch den hervorspringenden I. Lateralsattel sowie gleich langen I. Lateral- und Externlobus charakterisiert ist. Daher ist die Diagnose Burckhardt's dahin zu berichtigen, daß es nicht heißt: Der Siphonallobus ist etwas länger oder um die Hälfte kürzer als der I. Laterallobus, sondern: Der Siphonallobus ist stets um die Hälfte kürzer als der Siphonallobus. Sonst bleibt die Diagnose unverändert mit Ausnahme der Verbreitungsangabe, wo Rußland ausscheidet.

Zu diesem Genus sind zu rechnen:

Haploceras rasile Oppel
„ „ var. *planiuscula* Zittel
Neumayria Zitteli Burckh.
„ *pseudooolithica* n. sp.

Digitized by Google

In nächste Verwandtschaft, aber noch durch den etwas hervorspringenden I. Lateralsattel geschieden, gehört *Haploceras oolithicum* Qu.

Neumayria Zitteli Burckh. sp.

Taf. VII Fig. 3a, b u. Fig. 4a—c.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 55. Taf. X Fig. 1—8.

	I.	II.	III.	Verhält. zum Durchm. I.	II.	III.
Durchmesser	56	48	41 mm			
Nabelweite	9	8	8,5 „	0,16	0,16	0,20
Höhe d. letzt. Windung	28	24	21 „	0,50	0,50	0,51
Dicke „ „ „	15	14,5	14,5 „	0,26	0,30	0,35

Bei der in zahlreichen wohl erhaltenen Exemplaren vorliegenden Form lassen sich, wie schon Burckhardt angegeben, 2 Formen unterscheiden, eine mit schmalem und hohem, und eine mit dickem und niederem Querschnitt. Lobenlinie einfach, charakterisiert durch den I. Laterallobus, der doppelt so lang als der Externlobus. Alle Loben fingerförmig. Der Beschreibung von Burckhardt habe ich sonst nichts mehr hinzuzufügen.

Aus dem Kimmeridge—Portland.

Neumayria pseudooolithica n. sp.

Taf. VIII Fig. 2a—c.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	31 mm	
Nabelweite	13,5 „	0,43
Höhe der letzten Windung . .	15 „	0,48
Dicke „ „ „ . .	13 „	0,42

Vorliegende Form erinnert lebhaft an *Haploceras oolithicum* d'Orb. und stimmt in der äußeren Gestalt ganz mit der von Quenstedt (Brauner Jura, Taf. 69 Fig. 5) gegebenen Abbildung überein. Gehäuse ziemlich involut, so daß die Umgänge $\frac{2}{3}$ einander umfassen mit tiefem Nabel. Umgänge im Querschnitt elliptisch mit größter Dicke über dem Nabelrand, der steil abfällt, aber keine Nabelkante bildet. Sehr feine Streifen bedecken die Schale, die auf dem inneren Drittel der Flanken sanft gerundet nach vorn schwingen, um alsdann gerade über den Externteil zu verlaufen. Die Lobenlinie

Digitized by Google

zeigt ebenfalls große Ähnlichkeit, jedoch sind der Externsattel, I. und II. Lateralsattel gleich lang. I. Lateralloblus reicht am tiefsten herab, doppelt so lang als der Externlobus. II. Lateralloblus halb so lang als der vorige, in gleicher Höhe mit dem Externlobus. Ferner ist nur ein Hilfslobus und -Sattel vorhanden.

Nach Erhaltungszustand, der ganz vorzüglich ist, und Gesteinsbeschaffenheit gehört diese Form mit der vorigen zusammen ins Kimmeridge oder Portland.

Haploceras cf. *tenuifalcatum* Neum. sp.

M. Neumayr, Die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum*. Abh. d. k. k. geol. Reichsanst. p. 162. Taf. XXXI Fig. 6.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	24 mm	
Nabelweite	7,5 „	0,31
Höhe der letzten Windung . .	10 „	0,42
Dicke „ „ „ . .	7 „	0,29

Diese Form, die zu der großen Gruppe des *Amm. lingulatus* Qu. p. p. gehört, zeigt mit obiger Form am meisten Übereinstimmung, nur sind die Umgänge im Querschnitt etwas höher und breiter, wodurch die Nabelkante etwas stärker hervortritt. Auf der Mitte der Flanken sind die feinen Sichelstreifen stark nach vorn gezogen und ist diese Linie auf dem Steinkern durch eine Spiralfurche angedeutet. Lobenlinie gleich gestaltet.

Ein Exemplar aus dem Kimmeridge.

Hoplites Köllikeri Oppel.

Taf. IX Fig. 7 a—e.

Zittel, Cephalopoden der Stramberger Schichten. p. 95. Taf. 18 Fig. 1 u. 2.
Steuer, Argentinische Jura-Ablagerungen. p. 31. Taf. VIII Fig. 5 u. 6.

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	29 mm	
Nabelweite	10,5 „	0,36
Höhe der letzten Windung . .	10 „	0,34
Dicke „ „ „ . .	10,5 „	0,36

Gehäuse scheibenförmig mit wenig involuten Windungen, die ungefähr $\frac{1}{4}$ einander umfassen. Die Flanken sind mäßig gewölbt und fallen schwach gegen den wenig tiefen Nabel ein. Die Externseite ist abgeplattet. Die scharfen etwas

Digitized by Google

nach vorn geschwungenen Rippen bleiben z. T. einfach, die meisten aber gabeln sich etwas über der Mitte der Flanken, wo sie eine Knotenreihe bilden. Die Spaltrippen alternieren oft miteinander. Auch die einfachen Rippen bilden dort, wo die anderen sich teilen, Knoten. Letztere sind schmal und werden auf den äußeren Windungen scharfkantig. Auf der Ventralseite bilden die Rippen jederseits von neuem eine starke Knotenreihe, zwischen welchen die Rippen, aber nur auf den inneren Windungen, abgeschwächt und leicht nach hinten geschwungen verlaufen. Auf den äußeren Windungen und der Wohnkammer dagegen verliert sich sowohl die Vertiefung zwischen den Knotenreihen als auch setzen die Rippen nicht mehr über den Externteil fort. Einschnürungen sind vorhanden, wenn auch wenig auffällig, drei auf einem Umgang.

Die Lobenlinie ist nur bei einem Exemplar und auch hier nur mangelhaft sichtbar. Sie zeigt einen I. Laterallobus, der fast gleich lang, aber schmäler als der Siphonallobus ist. Ferner sind ein kürzerer nach dem vorigen geneigter II. Laterallobus und zwei schräg nach außen gerichtete noch kürzere Hilfsloben sichtbar. Die Sättel sind unregelmäßig zweiteilig. Die abgebildete Lobenlinie erhebt keinen Anspruch auf Genauigkeit.

Es liegen drei gut erhaltene, mehr oder weniger verkieselte Exemplare dieser Form vor. Sie scheint jedoch bezüglich der Nabelweite sehr zu differieren. Ein drittes Exemplar, das ich jedoch von den vorigen nicht getrennt, da die Skulptur ganz die gleiche ist, zeigt folgende Maße:

		Verhält. z. Durchm.
Durchmesser	32 mm	
Nabelweite	17 „	0,53
Höhe der letzten Windung	10 „	0,31
Dicke „ „ „	12,5 „	0,39

Ober-Tithon.

Aptychi.

Aptychus cf. *exsculptus* Schauroth sp.

Zittel, Die Fauna der älteren cephalopodenführenden Tithonbildungen. Suppl. II. p. 32. Taf. 1 Fig. 10.

Mehrere Bruchstücke bis zu 44 mm Länge und von 3—4 mm Dicke, von denen jedoch keiner mehr die Wirbel-

Digitized by Google

region besitzt, stimmen mit dieser von ZITTEL so gut charakterisierten Art am besten überein. Die Schale, verhältnismäßig lang und schmal, ist ziemlich gleichmäßig dick, gegen die Mittellinie und Ränder zugeschärft. Die oberen Rippen verlaufen ziemlich gerade und treffen somit unter spitzem Winkel auf die Mittellinie, während die unteren 6 dem Unter- und z. T. dem Vorderrande parallel laufen, wodurch sie sich vorn etwas zusammendrängen, wellig werden und unter weniger spitzem Winkel auf die Mittellinie stoßen. Die Innenseite ist mit konzentrischen Anwachsstreifen bedeckt.

Überall selten im Ober-Tithon von Süd-Tirol, Venetien und Zentralappennin.

Aptychus laevis-brevis DOLLF. sp.

DOLLFUS. La faune kimméridgienne du Cap de la Hève. p. 45. Taf. III Fig. 8—9.

	I.	II.	
Länge	180	70	mm
Höhe	126	55	„
Größte Dicke der Schale . .	8	4	„

Diese Form liegt in mehreren gut erhaltenen Stücken von wechselnder Größe bis zu wahren Riesenexemplaren vor. Sie unterscheidet sich von *Aptychus gigantis* QU. durch größere Breite im Verhältnis zur Länge und durch kleinere Winkel an der Spitze, der nur 105—115° statt 120° beträgt, von *A. latus* PARK. durch gerundetere Vorderseite und bedeutendere Dünne der Schale besonders in der Wirbelgegend. von *A. gigantis* STOP. non QU. durch größere Breite und das Fehlen der deutlichen Radialskulptur auf der Innenseite der Schale. Die meisten Beziehungen sind zu obiger Form vorhanden, sowohl was Gestalt und Skulptur als auch was die Maßverhältnisse und den Apicalwinkel anbetrifft, nur scheint die Schale etwas dünner zu sein. Ferner glaube ich, daß obige Form mit den großen Exemplaren identisch ist, die ZITTEL auf p. 88 seiner „Fauna der älteren Cephalopoden führenden Tithonbildungen, Supplement II" beschreibt, die aus dem Tithon von Toldi bei Roveredo und vom Monte Catria stammen.

Zwei zusammengehörende Schalen von riesiger Größe und mehrere kleine. Kimmeridge — Portland.

Digitized by Google

Aptychus crassissimus n. sp.

Taf. VIII Fig. 3a, b.

Länge	136 mm
Höhe	20 „
Apicalwinkel	120°
Größte Dicke	8 mm

Dieser zu den Punctati gehörende *Aptychus* fällt besonders durch seine außergewöhnliche Dicke auf. Die Gestalt ist elliptisch, nach hinten etwas zugespitzt. Die Wirbelgegend und die Vorderseite ist sehr dünn und daher bei den meisten Exemplaren fortgebrochen. Von der untern Ecke des Vorderrandes aus verläuft nach der Vereinigungsstelle von Unter- und Hinterrand eine etwas geschwungene, dem Unterrand fast parallele, hohe aber gerundete Kante, welche die Schale in zwei ungleiche Hälften zerlegt. Eine weitere, aber wenig ausgeprägte Erhebung verläuft von dem Wirbel nach der Mitte der erwähnten Kante, wodurch die obere Fläche geteilt wird. Etwas hinter der Kreuzungsstelle beider Kanten liegt die größte Dicke der Schale. Die Außenseite ist unregelmäßig punktiert. Wenn die Exemplare etwas abgerieben sind, treten die Anwachslamellen deutlich zutage.

Diese Form ist sehr häufig und standen mir etwa 50 mehr oder weniger gut erhaltene Exemplare zur Verfügung. Es ist mir jedoch keine Gruppe von Aptychen bekannt, an die man unsere Form anschließen könnte.

Kimmeridge—Portland.

Gasteropoda.

Harpagodes Oceani Brongn. sp.

Paléontologie française. Terrains jurassiques. 3. 456. Taf. 45 Fig. 1 u. 2; Taf. 48 Fig. 1; Taf. 65 Fig. 5–7; Taf. 80 Fig. 1 und Taf. 81 Fig. 1–3.

Höhe der letzten Windung ohne Kanal	45 mm
Breite „ „ „ mit Flügel	64 „

Ein Steinkern, nur teilweise erhalten, stimmt mit obigen Abbildungen, am besten mit Fig. 1 auf Taf. 81 überein. Der vorletzte Umgang ist glatt, auf dem letzten treten 5 spirale, wulstige Rippen hervor, von denen die mittlere am stärksten

Digitized by Google

ist, aber nicht so stark wie bei *Harpagodes Thirriae* Contej. Zwischen je 2 Rippen befindet sich eine schwächere. Die Hauptrippen verlaufen in 5 fingerförmige Fortsätze, von denen der oberste den Gehäusewindungen anliegt.

Portland.

Alaria cf. *Glaucus* d'Orb. sp.

Paléontologie française. Terrains jurassiques. 3. 186. Taf. 49 Fig. 9—12; Taf. 51 Fig. 3—5; Taf. 54 Fig. 1 u. 2 und Taf. 55 Fig. 4.

Höhe ohne Kanal	. . . . .	23	mm
„ mit „	. . . . .	35	„
„ des letzten Umgangs	. . . . .	7	„
Breite „ „	„ mit Flügel . . .	13	„

Diese Form, die in nahezu 50 mehr oder weniger gut erhaltenen Exemplaren vorliegt, zeigt zwar einige Abweichungen von obiger Art, doch erscheinen sie mir bei der Variabilität der Gattung nicht ausreichend eine neue Art darauf zu begründen. Das turmförmige Gehäuse mit einem Gehäusewinkel von 25° besteht nur aus 8—9 Windungen gegenüber 10 der obigen Art. Auf der Mitte der Umgänge erhebt sich ein scharfer Kiel, der bei einigen Exemplaren fein gekörnelt ist. Zwischen ihm und der Naht befindet sich bei Exemplaren mit lockerer Aufrollung ein zweiter, aber nur wenig ausgeprägter Kiel, der jedoch bei enger aufgerollten Gehäusen mit der Naht zusammenfällt. Die letzte Windung ist doppelt gekielt, aber nur bei einem Exemplar findet sich zwischen beiden Kielen noch die Andeutung eines dritten. Eine halbe Windung vor der Mündung erscheint bei allen Exemplaren in Gestalt eines dornartigen Fortsatzes die Andeutung eines alten Mundrandes. Die sonstige Gestaltung und Skulptur stimmt mit obiger Art vollkommen überein. Die geringen Unterschiede wie das Fehlen einer Windung, die Andeutung eines zweiten Kiels, sowie das konstante Vorhandensein eines alten Mundrandes auf der letzten Windung konnten mich nicht veranlassen, unsere Form von der obigen als neue Art zu trennen.

Obige Form kommt im Rauracien—Kimméridgienne von Frankreich vor.

Digitized by Google

Capulus argentinus n. sp.

Taf. VIII Fig. 7a, b.

Länge	8,5 mm
Höhe	4 „
Breite	6 „

Schale dünn, kapuzenförmig, mit ziemlich stark hervortretenden konzentrischen Anwachsstreifen bedeckt. Wirbel gekrümmt und spiral eingerollt. Von ihm aus gehen etwa 13 äußerst feine Radialrippen. Mündung weit, oval.

Von den wenigen Capuliden, die aus dem Jura bekannt, habe ich keine Art gefunden, die mit der unserigen übereinstimmt.

Ein gut erhaltenes Exemplar. Wahrscheinlich aus dem Kimmeridge—Portland.

Actaeon andinus n. sp.

Taf. X Fig. 4a, b.

Höhe	ca. 11 mm
Höhe des letzten Umgangs	7,5 „
Breite „ „ „	7 „

Gehäuse oval mit niedrigem Gewinde. Von den 5 Umgängen sind die 4 oberen niedrig, der letzte groß und bauchig. Schale glatt mit Ausnahme der letzten Windung, deren untere zwei Drittel mit 14 feinen Spiralstreifen bedeckt sind. Spindel vorne mit zwei Querfalten.

Vier mehr oder weniger gute Exemplare aus dem Neocom—Aptien.

Cerithium sp.

Taf. X Fig. 5a, b.

Höhe	7 mm
Höhe der letzten Windung	3 „
Breite „ „ „	3 „

Gehäuse schlank, turmförmig, aus 7 Windungen bestehend, die mit sehr feinen Spirallinien und starken Querrippen versehen sind. Von letzteren kommen 10 auf einen Umgang. Ein Ausguß ist vorhanden, aber bei den 3 vorliegenden Exemplaren mehr oder weniger fortgebrochen.

Aus dem Neocom—Aptien.

Digitized by Google

Lamellibranchiata.

Pinna Robinaldina d'Orb.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 79. Taf. XV Fig. 6 u. 7.

Mehrere Bruchstücke mit gut erhaltener Schale stimmen in bezug auf äußere Form und Skulptur mit der von Burckhardt l. c. gegebenen Abbildung am besten überein. Die Längsberippung auf dem obern Teil der Schale ist zwar nicht so regelmäßig, wie Burckhardt es angibt, da manche Rippen durch gleich breite, andere durch doppelt so breite Zwischenräume getrennt sind. Hierdurch nähert sich unsere Form sehr der *Pinna Constantini* Loriol aus dem Portland und Valangien. Ich möchte daher unsere Stücke für Übergangsformen zwischen *P. Constantini* und *P. Robinaldini* halten, da sie beide Charaktere in sich vereinigt.

Valanginien—Aptien.

Perna cf. *Bayani* P. de Loriol.

Loriol et Pellat, Jurassique sup. du Boulogne-sur-mer. p. 168. Taf. XX Fig. 8 u. 9.

Das vorliegende etwa 11 cm lange Bruchstück ist besonders am Hinterteil schlecht erhalten und besteht aus zwei noch im Zusammenhang sich befindenden Schalen. Die Wirbel sind spitz, der Schloßrand etwas gewölbt, die dicht stehenden Bandgruben — nur teilweise sichtbar — durch schmalere Leisten getrennt. Der Vorderrand ist mäßig tief ausgebuchtet, der Hinterrand scheint ihm annähernd parallel zu laufen, über den Unterrand lassen sich dagegen genaue Angaben nicht machen, jedoch scheint er nicht so stark gerundet gewesen zu sein, als bei dem von Loriol l. c. abgebildeten Exemplar. Von *Perna rugosa* unterscheidet sie sich durch geringere Schalendicke und durch ihre am Vorderrande viel mehr zugespitzte Form.

P. Bayani kommt nach Loriol et Pellat im Portlandien inférieur vor.

Perna aff. *americana* Forbes.

Taf. X Fig. 2a—c.

Darwin, Geological Observations South America. Taf. V Fig. 4, 5 u. 6.

Die beiden etwa 8 cm langen Bruchstücke, die hiervon vorhanden — eine linke und eine rechte Klappe — zeigen

Digitized by Google

einige Ähnlichkeit mit der von Forbes beschriebenen Form. die jedoch auch nur ein Bruchstück gewesen ist. Der Schloßrand ist stark gebogen, die Wirbel hakenförmig gekrümmt. Auf der sehr breiten Schloßplatte befinden sich breite Ligamentfurchen — 11 auf der rechten Klappe, die linke ist etwas abgebrochen —, die von halb so breiten gleichfalls konkaven Zwischenräumen getrennt werden. Vom Wirbel aus verläuft auf beiden Klappen eine Furche parallel dem Schloßrande. die nach oben hin von einem scharfen Kiel begrenzt wird, so daß der Querschnitt der Schale dreieckig ist. Die linke Klappe ist am Vorderende sehr hoch- und dickschalig, während die rechte platt gedrückt ist, um erst oberhalb des Hinterendes der Schloßplatte fast gleiche Höhe zu erreichen. Die Oberfläche ist mit unregelmäßigen Anwachsstreifen und -Falten bedeckt. Die Unterschiede unserer Form von der von Forbes beschriebenen liegen in den stärker gekrümmten Wirbeln und Schloßrand sowie in den Ligamentfurchen, die bei vorliegenden Stücken doppelt so breit sind als die Zwischenräume. Ferner lassen den Beobachter die Bruchstücke in beiden Fällen im unklaren über den Verlauf des Hinterrandes, so daß man am besten die Stücke einstweilen beisammen beläßt bis weiteres und besseres Material darüber Klarheit schafft.

Ostrea curvirostris Ph. sp.

Taf. IX Fig. 1—6.

Philippi, Los Fósiles secundarios de Chile. p. 16. Taf. VI Fig. 5.

Länge	125 mm
Höhe	127 „
Dicke beider Klappen	34 „

Schale von der Oberfläche gesehen kreisförmig mit rundem Ausschnitt auf der Innenseite. Unterschale flach gewölbt mit spitzem, stark nach links gekrümmtem Wirbel, der aber nicht *exogyra*-artig eingerollt ist und mit medianer Bandfurche auf der breiten Schloßplatte. Der Hinterrand derselben Schale flügelartig nach links verlängert. Innen- und Außenrand durch breite Anwachslamellen stark verbreitert, wodurch der äußere Umriß von dem inneren sehr verschieden. Der Muskeleindruck

Digitized by Google

fast kreisrund, auf der Seite nach dem Wirbel zu gerade, kaum vertieft. Eine Anheftungsstelle dieser Schale war bei keinem Exemplar sichtbar. Die Oberschale flach, sonst wie die andere Klappe. Beide sind mit konzentrischen, blätterigen Anwachsstreifen bedeckt. Ferner gehen vom Wirbel feine radiale Rippen aus, die bei jungen Individuen bedeutend kräftiger sind und über die ganze Schale verlaufen, als bei den älteren, wo sie in kurzer Entfernung von dem Wirbel sich verlieren.

Diese Form steht der *Exogyra*[1] *curvirostris* Ph. sp., mit der ich sie für identisch halte, am nächsten, wenn auch nur eine dürftige Abbildung und Beschreibung derselben vorliegt. Von *Ostrea deltoidea* Sow. und *O. unciformis* Buv., die ihr beide sehr nahe verwandt, unterscheidet sie sich durch ihre ausgesprochene Ungleichheit der Klappen, indem die Unterschale mehr oder weniger stark gewölbt ist, wodurch das Tier einen viel größeren Raum eingenommen hat, und durch die stärker eingekrümmten Wirbel. Von *O. deltoidea* außerdem durch die ungleiche Ausbildung der Schloßplatte im Innern der Schale, da der Sinus, der dem Innenrand anliegt, stark gegen den Wirbel verlängert ist, während der andere oft kaum angedeutet ist.

Die Jugendformen (Taf. IX Fig. 4, 5 u. 6) zeigen übrigens, abgesehen von der starken Radialskulptur, auch eine abweichende Gestalt, indem die Länge gegenüber der Breite bedeutend überwiegt, was dadurch hervorgerufen wird, daß sich die Anwachslamellen des Ober- und Unterrandes in beiden Klappen erst mit zunehmendem Alter entwickeln, wie man an dem vorhandenen Material gut verfolgen kann. Durch beide Merkmale erhalten diese Jugendformen eine frappante Ähnlichkeit mit *Exogyra virgula*. Es wäre daher nicht unmöglich, daß der Typus der *E. virgula* einen Seitenzweig unserer Form bildet, der, abgesehen von der stärkeren Einkrümmung der Wirbel, die Jugendmerkmale eben auch im Alter beibehalten hat.

Kimmeridge.

[1] Diese Form ist nach Abbildung und Beschreibung keine *Exogyra*, da ihr der spiral eingerollte Wirbel fehlt.

Digitized by Google

Ostrea minos Coqu. (= *Exogyra subplicata* Roem.)

Taf. VIII Fig. 4.

Pictet et Campiche, Terrains crétacé de St. Croix. Taf. CLXXXV.
Coquand. Genre *Ostrea*. p. 183.
Behrendsen, Ostabhang der argentinischen Cordillere. p. 26.

Diese Form ist starkem Wechsel unterworfen. Zwischen den breiten Schalen mit stark eingekrümmten Wirbeln und den langgestreckten schmalen mit nur gering gebogenen Wirbeln gibt es alle Übergänge. Mehrere der vorliegenden Exemplare zeigen übrigens die Charakteristica der *Ostrea minos*. So erreicht unsere Form eine Länge bis zu 12 cm und eine Breite bis zu 8 cm. Ferner ist eine verlängerte breite Ligamentgrube vorhanden und von einer hohen, aber gerundeten Rückenkante der Unterklappe gehen zahlreiche Rippen aus, die z. T. auch auf der Oberklappe vorhanden sind. Muskeleindrücke gerundet dreieckig, nach dem Wirbel zu etwas ausgezogen, in der Unterklappe flach, in der Oberklappe nach dem Wirbel zu stark vertieft.

Die von Philippi in den „Fósiles Secundarios de Chile" als *O. calocrepis* beschriebene und auf Taf. I Fig. 4 abgebildete Form scheint mir hierher zu gehören, hat jedoch auf keinen Fall mit der zitierten *O. macroptera* etwas zu tun.

Nach den vorliegenden Beobachtungen möchte ich nicht zögern, die argentinischen Formen mit *O. minos* Coqu. zu vereinigen, worauf schon andere namhafte Forscher wie Behrendsen und Burckhardt hingewiesen haben.

Neocom — Urgon.

Ostrea aff. *Roemeri* Qu. sp.

Mittelgroße Exemplare von wechselnder Form, meist rund bis elliptisch, mit spitzen Wirbeln, glatt mit schwachen konzentrischen Anwachsfalten. Die Unterschale immer auf andern Gegenständen, häufig auf Ammoniten, mit der ganzen Fläche oder nur mit dem graden etwas vorragenden Wirbel festgewachsen. Oberschale oft stark gebogen, meist der Wölbung der Unterschale folgend, so daß der Hohlraum zwischen beiden Schalen nur gering. Schale ziemlich dünn.

Mehrere Exemplare z. T. auf Perisphincten festgewachsen.

Kimmeridge — Portland.

Digitized by Google

Exogyra Couloni d'Orb. sp.

Paléontologie française. Terrains crétacés. 3. p. 698. Taf. 467 Fig. 1—3.

Diese Form, die in Menge, aber meist in kleinen Exemplaren bis zur Maximalgröße von 55 mm vorliegt, schließt sich enge an die langgestreckte, schmale Varietät an, die d'Orbigny l. c. abbildet. Die größeren Exemplare sind meistens breiter und haben keine so stark hervortretende Rückenkante auf der Unterschale wie die kleineren, bei denen sich auf derselben die konzentrischen Anwachslamellen meistens noch zu einzelnen schuppenartigen Dornen erheben. Die Oberschale ist flach oder etwas konkav mit deutlich nach links eingekrümmtem Wirbel und mit konzentrischen glatten Anwachslamellen bedeckt.

Neocom.

Myoconcha transatlantica Burckh. sp.

Taf. X Fig. 1 a u. b.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 78. Taf. XVI Fig. 3—5.

Länge	164 mm
Höhe	68 „
Breite	59 „
Dicke der einzelnen Schale	37 „

Schale verlängert elliptisch, am Vorderteil stark verschmälert, Hinterteil mehr gerundet. Die Wirbel liegen neben dem Vorderende der Schalen und ragt der der linken Klappe etwas über den der rechten hervor. Eine gerundete Kante, die von dem Wirbel nach dem Hinterrande verläuft, ist schwach S-förmig geschwungen und der obere Teil der Schale, der hierdurch entsteht, ist mit groben Rippen bedeckt, die mit einem mittleren Abstand von 1½—2 mm vom Wirbel nach dem Hinterrande verlaufen. Der andere Schalenteil ist glatt, beide zeigen dagegen kräftige Anwachsstreifen. Die Muskeleindrücke sind kräftig, der vordere, fast kreisförmige, tiefer als der hintere. Über dem ersteren durch eine kleine Leiste getrennt, befindet sich der kleine runde Fußmuskeleindruck. Der hintere Muskeleindruck ist fast herzförmig und nach dem Schloßrande zu mit einer halbmondförmigen Vertiefung. Die

Digitized by Google

Mantellinie ist kräftig und ganzrandig. Auf der breiten Schloßplatte, die am Wirbel beginnt und ungefähr bis zur Mitte des Schloßrandes reicht, befindet sich in der rechten Klappe ein langer Zahn, der unterhalb des Wirbels anfängt und oberhalb des Fußmuskeleindruckes endigt. Von ihm aus gehen drei schiefgestellte Zähne, von denen der vordere am schwächsten, der mittlere am stärksten ist. In der linken Klappe befinden sich auf der Schloßplatte entsprechende Furchen. Übrigens obliterieren die Zähne, wie bei allen dickschaligen Formen so auch bei diesen, wie eine linke Klappe eines anderen Exemplares beweist. Das Ligament befindet sich in einer langen Furche, die ungefähr 2,5 mm hinter dem Wirbel beginnend, allmählich sich verbreitert und etwas hinter der Mitte des Schloßrandes endigt.

Es liegen zwei vollständige Exemplare und zwei lose, nicht zusammengehörende Klappen von vorzüglicher Erhaltung vor. Die Schale ist z. T. verkieselt.

Nach Burckhardt stammt diese Form aus dem Aptien.

Cucullaea Gabrielis Leym. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 70. Taf. XII Fig. 1 u. 2.

Länge	ca.	95 mm
Höhe		66 „
Dicke beider Klappen		80 „

Die zwei vorliegenden Exemplare unterscheiden sich etwas von Burckhardt's Abbildung und Beschreibung, nämlich durch das Fehlen der Radialskulptur, was aber wohl auf den schlechten Erhaltungszustand zurückzuführen ist, und eine schiefere Gestalt, da der Hinterrand länger ausgezogen. Hierdurch nähert sich unsere Form der *Cuc. dilatata* Coqu. (cf. Etage aptien de l'Espagne, p. 139, Taf. XXII Fig. 1 u. 2). Da jedoch die Radialstreifung bei ausgewachsenen europäischen Exemplaren, wie schon Burckhardt erwähnt, öfters fehlt und die Gestalt ebenfalls einigen Schwankungen unterworfen ist, so trage ich kein Bedenken, diese Form mit obiger zu vereinigen.

Valangien-Aptien.

Digitized by Google

Cucullaea securis Leym. sp.

Taf. IX Fig. 8a—f.

Burckhardt, Cordillère entre las Lajas et Curacautin. p. 18. Taf. XXVI. Fig. 3—5.

		Verhält. z. Länge
Länge	27 mm	
Höhe	15 „	0,55
Dicke beider Klappen	16 „	0,59
Länge des Hinterrandes	13 „	0,48
„ „ Bandfeldes	24 „	0,88

Der vorzügliche Erhaltungszustand mehrerer Exemplare veranlaßt mich, noch einige Bemerkungen zu dieser Art zu machen.

Schale schief trapezförmig, etwas breiter als hoch und ein wenig ungleichklappig, indem die linke Klappe am Unterrand etwas über die rechte hinübergreift und der Wirbel demzufolge etwas tiefer liegt. Schloßrand und Hinterrand gerade, bilden zusammen fast einen rechten Winkel. Unterrand wenig, Vorderrand stark gewölbt, bildet mit dem Schloßrand einen spitzen Winkel von ca. 70°. Die Wirbel, stark gekrümmt, überragen bedeutend den Schloßrand und lassen einen ziemlich breiten Raum zwischen sich frei. Der scharfe Kiel, der hinter den Wirbeln entspringt, verläuft fast gerade nach dem Vereinigungspunkt von Unter- und Hinterrand. Area vertieft; Bandfeld lang, lanzettförmig mit feinen deltoidförmigen Streifen verziert. Die Skulptur besteht aus deutlichen Anwachsstreifen. die von kräftigen Radialstreifen gekreuzt werden. Letztere sind bei den einzelnen Exemplaren verschieden stark, treten aber auf Vorder- und Hinterteil am deutlichsten hervor, wo sie auch nicht so dicht stehen. Ferner ist bei den meisten Exemplaren die rechte Klappe weniger kräftig skulpiert als die linke.

Die Schloßplatte ist sehr schmal. Am Hinterrand befinden sich drei leistenförmige Schloßzähne, von denen der oberste am längsten ist. Hierauf folgen zwei schiefe kurze Zähne, dann stehen zwei Zähne fast senkrecht. Auf der Vorderseite befinden sich fünf schiefe Zähne, die an Größe nach dem Vorderrande zunehmen.

Der Steinkern ist glatt, mit kaum bemerkbaren Abdrücken der Anwachslinien.

Digitized by Google

Zu zwei Arten zeigt diese Form nahe Beziehungen, einmal zu *Arca (Cucullea) inaequivalvis* Qu. und zweitens zu *A. carinata* Sow. Mit ersterer hat sie die Ungleichheit der Schalen und das verschiedene Verhalten der Verzierung auf beiden Klappen gemeinsam (die umgekehrte Angabe Quenstedt's p. 312 seines Jura II. beruht wohl nur auf einem Druckfehler, indem rechts und links vertauscht ist. Goldfuss, auf den sich Quenstedt bezieht, hat dies schon richtig beschrieben). Diese Form darf wohl als Vorläuferin der *A. securis* im Jura betrachtet werden. Als nächste Verwandte im Neocom dürfte *A. carinata* Sow. anzusprechen sein, von der sie sich jedoch durch ihre schiefere Gestalt, durch den geraden Hinterrand und durch bedeutendere Dicke unterscheidet.

Neocom.

Trigonia transitoria Steinm. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 73. Taf. XIV Fig. 1 u. 2.

Dieser so gut charakterisierten, von Steinmann und Burckhardt eingehend beschriebenen Art habe ich weiter nichts hinzuzufügen. Es liegen mehrere größere Bruchstücke vor, deren Zugehörigkeit mir von Herrn Geh. Rat Steinmann gütigst bestätigt wurde.

Neocom.

Trigonia carinata Ag. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 75. Taf. XIII Fig. 6; Taf. XIV Fig. 3.

Länge	ca.	80 mm
Höhe		52 „
Dicke der einzelnen Klappe . . .	ca.	22 „

Die gut erhaltene linke Klappe eines Exemplars, das in bezug auf die äußere Skulptur alle charakteristischen Merkmale zeigt, möchte ich hierherstellen. Der Abbildung und Beschreibung Burckhardt's habe ich nichts hinzuzufügen.

Neocom.

Digitized by Google

Trigonia Erycina Ph. sp.

Taf. VIII Fig. 5a, b.

Philippi, Los fósiles secundarios de Chile. p. 66. Taf. XXX Fig. 3 u. 5.

Länge	95 mm
Höhe	66 „
Dicke beider Klappen	35 „

Schale flach, gerundet rechteckig bis subquadratisch, Wirbel stumpf, kaum hervorragend. Die Kante, welche vorderen und hinteren Schalenteil trennt, wenig ausgeprägt. Vorderer Schalenteil meist mit 13 starken Knotenreihen, die vom Wirbel ausstrahlen und fast lotrecht auf dem Unterrand stehen, was für unsere Art besonders charakteristisch ist. Die Zwischenräume sind breiter als die Rippen. Hinterer Schalenteil etwas größer als $\frac{1}{4}$ der Gesamtschale, dicht mit kleinen Knoten besetzt, die in sich kreuzenden Reihen angeordnet sind. Inneres der Schale und Schloß nicht sichtbar.

Acht mehr oder weniger vollständige Exemplare stimmen sehr gut mit der von Philippi l. c. gegebenen Beschreibung und Abbildung überein. Diese Form ist nahe verwandt mit *T. Hondoana* Lea. aus dem Aptien. Sie unterscheidet sich von dieser Form, abgesehen von der etwas längeren Gestalt, durch die Skulptur. Das vordere Schalenfeld ist sehr ähnlich, das hintere dagegen etwa nur $\frac{1}{3}$ so groß wie bei *T. Hondoana* und völlig mit sich durchkreuzenden Knotenreihen bedeckt.

Neocom.

Trigonia cf. *monilifera* Ag. sp.

Agassiz, L., Mémoire sur les Trigonies. 1840. p. 40. Taf. III Fig. 4—6.

Ein diesbezügliches Bruchstück zeigt hiermit am meisten Übereinstimmung. Die schmalen konzentrischen Rippen des vorderen Schalenteils, durch fast doppelt so breite Zwischenräume getrennt, reichen nicht bis zu dem stark ausgeprägten Kiel heran. Hinterer Schalenteil undeutlich längsgestreift.

Kimmeridge.

Trigonia longa Ag. (= *Tr. Lajoyei* Desh.)

Paléontologie française. Terrains crétacés. 3. p. 130. Taf. 285 Fig. 1 u. 2.
d'Orbigny, Voyage dans l'Amérique méridionale. 3. p. 87. Taf. 19 Fig. 10 u. 11.
Leymerie, Mém. soc. géol. de France. 5. Taf. 8 Fig. 4.
Pictet et Renevier, Aptien de la Perte du Rhône. Taf. XIV Fig. 3.

Digitized by Google

Länge	45 mm
Höhe	31 „

Ein gut erhaltenes größeres Bruchstück (ein Teil des Vorder- und Unterrandes ist abgebrochen) einer rechten Klappe möchte ich hierherstellen, da die Übereinstimmung mit obiger Art eine ganz frappante ist. Schale ungleichseitig, stark verlängert. Wirbel ziemlich hervorragend. Vom Hinterrand gehen gerade Rippen aus, die, durch doppelt so breite Zwischenräume getrennt, schon etwas vor der Schalenmitte verschwinden. Vordere Schalenhälfte nur mit feinen Anwachsstreifen versehen. Die Unterschiede gegenüber verwandten Formen sind von obigen Autoren schon genügend hervorgehoben.

Neocom-Aptien.

Trigonia cf. *eximia* Ph. sp.

Philippi. Los fósiles secundarios de Chile. p. 76. Taf. 34 Fig. 3.

Länge	ca. 40 mm
Höhe	27 „
Dicke beider Klappen	19 „

Von dieser zur Gruppe der Undulatae gehörenden Form liegen zwei ziemlich gut erhaltene Bruchstücke vor. Die Schale ist sehr ungleichseitig, stark nach vorn verlängert, ziemlich dick mit wenig vorspringenden Wirbeln. Hinterseite halbkreisförmig gerundet, Vorderseite stark verlängert, aber bei beiden Exemplaren nicht ganz erhalten. Hinterer Schalenteil mit etwa 17 konzentrischen, schwach wellenförmigen Rippen bedeckt, die jedoch längs einer Linie vom Wirbel nach der Mitte des Unterrandes plötzlich abbrechen, welcher Vorgang jedoch in der Nähe des Wirbels nicht so ausgesprochen ist. Vorderer Schalenteil mit zu den vorigen senkrecht stehenden Rippen bedeckt. Area vertieft und glatt.

Beide Exemplare stimmen am besten mit der von Philippi l. c. gegebenen Abbildung und Beschreibung überein, nur verläuft die Grenzlinie, die die vordere Berippung von der hinteren scheidet, schräger als bei der typischen Form.

Neocom.

Eriphyla argentina Burckh. sp.

Burckhardt, Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. p. 70. Taf. XII Fig. 3—6.

Digitized by Google

	I.	II.	III.	
Länge	113	52	33	mm
Höhe	103	49	31	„
Dicke beider Klappen .	61	32	22	„

Zu der genauen und eingehenden Beschreibung von Burckhardt habe ich noch hinzuzufügen, daß die Gestalt einigermaßen variiert, indem das meiste mir vorliegende Material mehr eine gerundete Form besitzt, wobei es jedoch nicht auf das Alter ankommt und sich alle Übergänge darunter befinden. Auch die Berippung ist Schwankungen unterworfen, indem sie bald feiner und dichter, bald gröber und weiter voneinander getrennt erscheint.

Das Schloß zeigt in der rechten Klappe zwei Hauptzähne, von denen jedoch der vordere nur schwach entwickelt ist, und einen hinteren Seitenzahn. Die linke Klappe besitzt zwei schiefe Hauptzähne und einen vorderen schmalen Lunularzahn.

Zwei gut erhaltene ziemlich große Steinkerne zeigen die der Gattung *Eriphyla* eigene kleine Mantelbucht und rundliche kräftige Muskeleindrücke. Diese Art erreicht bedeutende Dimensionen, wie aus obigen Maßverhältnissen zu ersehen, womit meist eine Abschwächung der Skulptur Hand in Hand geht. Als nächste Verwandte können gelten *Eriph. transversa* Leym. aus dem Neocom und *Eriph. Duboisiana* d'Orb. aus dem mittleren Oxford von Rußland und Frankreich.

Über 40 Exemplare.

Neocom.

Lucina Neuquensis sp. n.

Taf. X Fig. 3 a, b.

Lucina aff. *Cornueliana* d'Orb. Burckhardt, Cordillère entre las Lajas et Curacantin. p. 20. Taf. XXII Fig. 2.

	I.	II.	
Länge	43	40	mm
Höhe	42	39	„
Dicke beider Klappen	11	12	„

Diese Art ist beinahe kreisrund, wenig gewölbt, am Hinterrand gerade abgestutzt, fast gleichseitig. Die Wirbel springen nur wenig vor und sind nach vorn gekrümmt. Lunula und Area nur angedeutet. Von den Wirbeln aus verläuft eine schwache Depression nach der Mitte des Hinterrandes, ebenso

Digitized by Google

eine stärkere Furche fast parallel dem Oberrand nach dem obersten Teil des Vorderrandes. Die Skulptur besteht außer feinen Anwachsstreifen in deutlich hervortretenden konzentrischen Rippen, die durch 1½—2 mm breite Zwischenräume voneinander getrennt sind. Am Hinterrande jedoch verlaufen die Rippen diesem parallel. Steinkerne zeigen den für *Lucina* charakteristischen vorderen langen Muskeleindruck. Ein nur schlecht erhaltenes Stück vom Schloß zeigt in der rechten Klappe einen schwachen Hauptzahn.

Die von BURCKHARDT unter dem Namen *Lucina* aff. *Cornueliana* beschriebene und abgebildete Art läßt deutlich alle Merkmale der unserigen erkennen. Daß er sie zu dieser Form, mit der sie nichts gemeinsam hat, gestellt, ist auf das einzige nur schlecht erhaltene Exemplar, was ihm vorlag, zurückzuführen. Die nächste Beziehung hat unsere Spezies mit *L. Bellona* D'ORB. (= *L. lyrata* PHIL. = *L. lyrata* var. *transversa* D'ARCH.) aus dem Unter-Oolith von England. Sie unterscheidet sich jedoch von unserer Form durch mehr ovale Gestalt, größere Dicke beider Klappen, durch kürzeren Hinterrand und das Fehlen einer Furche parallel dem vorderen Teil des Oberrandes. Die Berippung ist die gleiche. Trotz dieser Unterschiede ist die nahe verwandtschaftliche Beziehung ganz evident. Etwa 20 untersuchte Exemplare. Neocom.

Lucina argentina BEHR. sp.

BEHRENDSEN, Ostabhang der argent. Cordillere. p. 415. Taf. XXV Fig. 3.

Länge	25 mm
Höhe	22 „
Dicke beider Klappen	11 „

Diese Form, die in reichlicher Menge vorliegt, möchte ich hierherstellen, weil die Beschreibung, die BEHRENDSEN gibt, genau damit übereinstimmt. Seine Abbildung dagegen ist wenig brauchbar, da sie in bezug auf die Berippung nicht einmal mit der Beschreibung übereinstimmt. Das Schloß zeigt in der linken Klappe 2 divergierende Hauptzähne, einen hinteren Leisten- und einen vorderen Lunularzahn. In der rechten Klappe befindet sich ein Hauptzahn.

Außer der von BEHRENDSEN angeführten Verwandtschaft, ist noch *Lucina Valdensis* P. et C. aus dem Aptien zu er-

Digitized by Google

wähnen, die sich jedoch durch viel engere Berippung in der Nähe der Wirbel und bedeutend kleinere Lunula unterscheidet.

Obige Form muß sehr häufig sein im Neocom.

Lucina cf. *corbisoides* d'Orb. sp.

Murchison, Verneuil, Keyserling, Russia and the Ural Mountains. **2.** p. 459. Taf. XXXIX Fig. 4 u. 5.

Länge	32 mm
Höhe	27 „
Dicke beider Klappen	13 „

Diese Art gehört ebenfalls zur Gruppe der *Lucina plana* und *L. Bellona*. Sie ist von rundlicher bis ovaler Form immer länger wie hoch und nur wenig ungleichseitig. Von den fast median gelegenen Wirbeln, die nur wenig vorspringend sind, verläuft nach der Mitte des Hinterrandes, der mehr oder weniger gerade abgestutzt ist, eine leichte Depression, ebenso nach dem oberen Teil des Vorderrandes. Lunula und Area sind schmal und klein. Die sonst glatte Schale ist nur mit feinen Anwachsstreifen bedeckt, der innere Rand fein gekerbt. Schloß und Muskeleindrücke zeigen die für *Lucina* charakteristischen Merkmale.

Unsere Spezies zeigt mit *L. corbisoides* die meiste Übereinstimmung, nur ist der Hinterrand etwas gerundeter. *L. corbisoides* kommt im Oxford von Rußland vor. Dem Gestein nach gehört unsere Form ins Neocom.

Einige Exemplare dieser Art sind in bezug auf die Skulptur ganz gleich, nur nimmt die Länge auf Kosten der Höhe zu und die Wirbel rücken mehr nach hinten, wodurch diese Form ausgesprochen ungleichseitig wird und sich hierdurch an die *L. inaequivalvis* d'Orb. anschließt, die jedoch bedeutend kleiner ist und stärker hervorragende Wirbel besitzt. Diese Form kann als Varietät unserer Spezies gelten.

Ptychomya Germani P. et C. sp.

Pictet et Campiche, Terrains crétacés de St. Croix. p. 354. Taf. CXXVII Fig. 7—8.

Von dieser Art ist nur ein 43 mm langes und 31 mm hohes Bruchstück von 6 mm Schalendicke vorhanden. Gleich-

Digitized by Google

wohl glaube ich dies Stück mit obiger Art identifizieren zu können. Der vordere Schalenteil zeigt deutlich die 2 Reihen geknickter Linien, die für diese Art so charakteristisch sind. Der hintere Schalenteil ist mit radialen Rippen bedeckt.

Beschrieben aus dem Sandstein von Métabief, wo sie selten ist.

Valanginien.

Psammobia valangiensis P. et C. sp.

Pictet et Campiche, Terrains crétacés de St. Croix. p. 148. Taf. CIX Fig. 9—10.

Länge	37 mm
Höhe	18 „
Dicke beider Klappen	10 „

Zwei Exemplare dieser Form stimmen mit der von obigen Autoren gegebenen Beschreibung und Abbildung gut überein. Das eine Exemplar, das mit Schale erhalten ist, zeigt kräftige konzentrische Berippung, die auf dem vorderen Schalenteil fast rechtwinkelig umbiegt, parallel dem Vorderrand, und schließt sich mehr der Fig. 10 an, da auch die Rippen ziemlich dicht stehen.

Die kräftige Skulptur unterscheidet sie von *Psammobia tenuis*, der sie jedoch nahe steht, da unsere Form wie diese eine leichte Ausbuchtung am Unterrande besitzt.

Kommt im Valangien von Frankreich vor.

Mactromya aff. *Couloni* Ag. sp.

Pictet et Campiche, Terrains crétacés de St. Croix. p. 158. Taf. CIX Fig. 4—8.

Länge	40 mm
Höhe	25 „
Dicke beider Klappen	14 „

Zwei Steinkerne zeigen noch die meiste Ähnlichkeit mit obiger Form, nur sind die Wirbel etwas spitzer, die Lunula stärker vertieft. Die Berippung hat in feinen konzentrischen Streifen bestanden.

Aus dem Neocom von Frankreich bekannt.

Digitized by Google

Glycimeris (Panopaea) Dupiniana d'Orb. sp.

Paléontologie française. Terrains crétacés. 3. 328. Taf. 353 Fig. 1 u. 2.

Länge	103 mm
Höhe	50 „
Dicke beider Klappen	40 „

Schale stark verlängert, sehr ungleichseitig mit konzentrischen Anwachsstreifen und -Falten bedeckt. Von den ziemlich hervorragenden Wirbeln geht eine gerundete Kante nach der Vereinigungsstelle von Vorder- und Unterrand. Oberrand gerade, etwas nach vorn geneigt, Unterrand leicht gebogen. Hinterseite kurz, halbkreisförmig gerundet, Vorderseite stark verlängert mit abgestutztem, aber gerundetem Vorderrand.

Panopaea rostrata (s. *arcuata*) d'Orb. besitzt bei sonstiger Ähnlichkeit viel stärker gebogenen Unterrand, stärker gerundeten Vorderrand, einen Oberrand, der nach vorn emporsteigt und stärker verlängerte Hinterseite.

Die 2 vorliegenden Exemplare zeigen mit obiger Form völlige Übereinstimmung.

Unteres Neocom.

Glycimeris (Panopaea) Carteroni d'Orb. sp.

Paléontologie française. Terrains crétacés. 3. 332. Taf. 355 Fig. 1 u. 2.
Pictet et Campiche, Terrains crétacés de Ste Croix. p. 56. Taf. CI Fig. 2.

Länge	58 mm
Höhe	42 „
Dicke beider Klappen	29 „

Der von obigen Autoren gut charakterisierten Art habe ich weiter nichts hinzuzufügen. Das einzige vorhandene Exemplar stimmt am besten mit der von Pictet et Campiche l. c. gegebenen Abbildung überein. Diese Art zeigt in bezug auf Gestalt und Berippung nahe Verwandtschaft zu *Pholadomya Hortulana* und *compressa* Ag. aus dem Malm, die wohl als ihre Stammformen zu betrachten sind.

Mittleres Neocom.

Pholadomya elongata Münst. sp.

Paléontologie française. Terrains crétacés. 3. 350. Taf. 362.

Länge	48 mm
Höhe	26 „
Dicke beider Klappen	19 „

Digitized by Google

Die vorliegenden Exemplare dieser Art bieten bei der eingehenden Beschreibung, die sie durch frühere Autoren erfahren hat, zu weiteren Erörterungen keinen Anlaß. Unter den 3 Stücken sind 2 Vertreter der verlängerten und eines der gedrungenen Form. Die Übereinstimmung ist eine völlige.

Neocom.

Solenomya neocomiensis n. sp.

Taf. VIII Fig. 6.

Länge	19 mm
Höhe	7 „
Dicke beider Klappen	3,5 „

Schale dünn scheidenförmig. Wirbel wenig vorragend, am Ende des vorderen ersten Drittels der Gesamtschale gelegen. Vorderseite schräg abfallend und zugespitzt, Hinterseite gerundet. Oberrand hinter den Wirbeln beinahe gerade. Unterrand gerade mit kaum merklicher Ausbuchtung in der Mitte. Schale mit wenigen undeutlichen konzentrischen Anwachsstreifen und Radialrippen bedeckt. Letztere treten am hinteren Schalenteil — etwa 13 an der Zahl — deutlich hervor, verschwinden dagegen in der Mitte der Schale und finden sich erst auf dem vorderen Schalenteil wieder, wo sie aber viel undeutlicher und dichter stehen. Die Eindrücke dieser Rippen sind auch auf dem Steinkern deutlich zu sehen. Am Schloßrand sind die Schalen aller Exemplare etwas gegeneinander verschoben, was in der Dysodontie des Schlosses seinen Grund hat.

Eine verwandte Form aus dem Jura scheint mir die Muschel zu sein, die Quenstedt in seinem „Weißen Jura", Taf. 98 Fig. 19 abbildet und von der er sagt, daß man sie wegen ihrer eigentümlichen Längsstreifen für eine *Pholas* halten könnte. Dies ist wohl sicher eine *Solenomya*, die sich aber von der unseren durch ein viel gerundeteres Vorderteil und größere Schalenhöhe unterscheidet.

Drei ziemlich gut erhaltene Exemplare.

Neocom.

Vermes.

Serpula antiquata Sow. sp.

Sowerby. Mineral-Conchologie. Taf. 598 Fig. 5—7.

Pictet et Renevier, Aptien de la Perte du Rhône. Taf. I Fig. 9.

Digitized by Google

Diese fast gerade, durch wulstige Anwachsstreifen ausgezeichnete Form liegt in vielen Exemplaren vor und stimmt mit der Beschreibung obiger Autoren völlig überein.

Neocom—Aptien.

Echinodermata.

Clypeopygus Robinaldinus d'Orb. sp.

Paléontologie française. Terrains crétacés. p. 422. Taf. 965 Fig. 1—6.

Länge	25 mm
Breite	23 „
Höhe	8,5 „

Schale gerundet, viereckig, mit stärkerer Rundung am Vorderrand. Hinterrand leicht ausgebuchtet. Oberseite nur schwach gewölbt mit größter Dicke hinter dem Scheitelschild. Letzterer vor der Mitte gelegen, ebenso die Mundöffnung, die fünfeckig mit Floscelle. Unterseite schwach konkav. Analöffnung oval, tief eingesenkt in breiter Furche. Ambulacra subpetaloid, schmal und lang. Die Ambulacralöffnungen ungleich, die innere Reihe rund, die äußere spaltförmig, ungejocht. Oberseite mit sehr feinen, Unterseite mit etwas gröberen Warzen bedeckt.

Fünf mehr oder weniger gut erhaltene Exemplare stimmen sehr gut mit obiger Form überein, die aus dem Neocom von Frankreich und England bekannt ist.

Holectypus sp.

Ein nur teilweise erhaltenes Exemplar von 16 mm Länge und 15 mm Breite läßt noch die Kennzeichen dieser Gattung erkennen, reicht jedoch zur Speziesbestimmung nicht aus.

Neocom.

B. Stratigraphisch-paläogeographischer Teil.

Wie schon Steuer und Burckhardt eingehend dargetan, fällt bei einer Durchsicht der andinen Jura- und Kreidefossilien die große Übereinstimmung mit außerandinen, bezw. europäischen besonders auf. In vorliegender Arbeit tritt dies Moment ebenfalls klar zutage und ich habe auch bei demjenigen Material, das zum Vergleich mit außer-

Digitized by Google

andinen in genügender Menge vorhanden war, nicht davor zurückgeschreckt, solche Arten mit europäischen zu identifizieren, worauf schon frühere Autoren hingewiesen, dies zu tun aber wegen oft nicht hinreichenden Vergleichsmaterials unterlassen haben. Jede weitere Aufsammlung in den Anden wird nur um so deutlicher die Übereinstimmung und innigen Zusammenhang mit europäischen Formen dartun.

Die beifolgende Tabelle soll eine kurze Übersicht bieten über die Verteilung der in vorliegender Arbeit beschriebenen Arten auf Jura und Kreide. Die neuen Arten sind durch fetten Druck, die andinen, d. h. solche Arten, die bisher außer den Anden nicht gefunden wurden, durch * hervorgehoben.

A. Pisces.	
Lepidotus maximus WAGN.	Tithon
B. Cephalopoda.	
Nautilus cf. *subinflatus* D'ORB.	Ob. Kimmeridge
* ***Aspidoceras Steinmanni* n. sp.** . .	Kimmeridge—Tithon.
* „ cf. *andinum* STEUER . . .	Kimmeridge
* „ *euomphalum* STEUER . . .	Ob.-Tithon
„ cf. *rogoznicense* ZEUSCHN.	Tithon
**Perisphinctes proximus* STEUER	„
* „ *mangaensis* STEUER	„
„ *Nikitini* MICH.	Unt.-Tithon (Virgatenzone)
* „ ***argentinus* n. sp.** . . .	„ „
* „ cf. *striolatus* STEUER . . .	Unt.-Tithon
„ aff. *pseudolictor* CHOFF. . .	Kimmeridge—Unt.-Tithon
„ cf. aff. *bifurcatus* QU. . . .	„ „
* „ aff. *Erinoides* BURCKH. . .	Kimmeridge
„ aff. *Erinus* D'ORB.	Kimmeridge—Unt.-Tithon
Virgatites scythicus VISCHN.	Unt.-Tithon (Virgatenzone)
„ cf. aff. *apertus* VISCHN. . . .	„ „
**Neumayria Zitteli* BURCKH.	Kimmeridge—Unt.-Tithon
* „ ***pseudooolithica* n. sp.** . .	„ „
Haploceras cf. *tenuifalcatum* NEUM. . . .	Kimmeridge
Hoplites Köllikeri OPP.	Ob.-Tithon
Aptychi.	
Aptychus cf. *exsculptus* SCHAUROTH . . .	Ob.-Tithon
„ *laevis-brevis* DOLLFUS	Kimmeridge—Unt.-Tithon
* „ ***crassissimus* n. sp.**	„ „

Digitized by Google

C. Gastropoda.	
Harpagodes Oceani Brongn.	Unt.-Tithon
Alaria cf. *Glaucus* d'Orb.	Kimmeridge
Capulus argentinus* **n. sp.	„
Actaeon andinus* **n. sp.	Neocom—Aptien
Cerithium sp.	„ „
D. Lamellibranchiata.	
Pinna Robinaldina d'Orb.	Valanginien—Aptien
Perna cf. *Bayani* P. de Loriol	Unt.-Tithon
* „ aff. *americana* Forbes	Neocom
**Ostrea curvirostris* Ph.	Kimmeridge
„ aff. *Roemeri* Qu.	Kimmeridge—Tithon
„ *minos* Coqu.	Neocom—Urgon
Exogyra Couloni d'Orb.	Neocom
**Myoconcha transatlantica* Burckh. . . .	Aptien
Cucullaea Gabrielis Leym.	Valanginien—Aptien
„ *securis* d'Orb.	Neocom
**Trigonia transitoria* Steinm.	„
„ *carinata* Ag.	„
* „ *Erycina* Ph.	„
„ cf. *monilifera* Ag.	Kimmeridge
„ *longa* Ag.	Neocom—Aptien
* „ cf. *eximia* Ph.	Neocom
**Eriphyla argentina* Burckh.	„
Lucina Neuquensis* **n. sp.	„
* „ *argentina* Behr.	„
„ cf. *corbisoides* d'Orb.	„
Ptychomya Germani P. u. C.	Valanginien
Psammobia valangiensis P. u. C.	„
Solenomya neocomiensis* **n. sp. . .	Neocom
Mactromya aff. *Couloni* Ag.	„
Glycimeris Dupiniana d'Orb.	Unt.-Neocom
„ *Carteroni* d'Orb.	Mittl. Neocom
Pholadomya elongata Münster	Neocom
E. Vermes.	
Serpula antiquata Sow.	Neocom—Aptien
F. Echinodermata.	
Clypeopygus Robinaldinus d'Orb.	Neocom
Holectypus sp.	„

In betreff der Vermischung mitteleuropäischer, alpin-mediterraner und russischer Formen liegen keine weiteren Beobachtungen vor, so daß ich an dieser Stelle an

Digitized by Google

Burckhardt (Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere p. 122 f.) verweisen kann.

Bezüglich der Mischung der einzelnen Faunenelemente ist dem westeuropäischen Faunenelement

Aspidoceras cf. *rogoznicense* Zeuschn.
Perisphinctes aff. *bifurcatus* Qu.
Haploceras pseudooolithicum n. sp.
Aptychus cf. *exsculptus* Schauroth

hinzuzurechnen.

An das osteuropäische (bezw. russische) Faunenelement dürften sich

Perisphinctes Nikitini Mich.
„ *argentinus* n. sp.

anschließen.

Das südafrikanische Faunenelement wird in vorliegender Arbeit nur durch

Trigonia transitoria Steinm.

vertreten.

Besonderer Erwähnung bedarf noch die Tatsache, daß die untere Kreide der Cordillere eine überraschende Übereinstimmung mit Westeuropa, besonders mit dem östlichen Frankreich zeigt. Nicht weniger denn 14 Arten konnte ich mit französischen identifizieren, wobei die Ähnlichkeit oft frappant ist. Ich lasse dieselben hier folgen mit Angabe ihrer hauptsächlichsten Fundpunkte. Hierher gehören:

Exogyra Couloni d'Orb. Weit verbreitet. In Frankreich. Chambéry in Savoyen. Neuchâtel, St. Croix, Hauterive in der Schweiz. Bei Braunschweig und im Teutoburger Wald in Nordwestdeutschland. Südosteuropa. Südamerika (Columbien. Chile, argentinische Cordillere).

Ostrea minos Coqu. In Frankreich. In der Schweiz. In Nordwestdeutschland. Südamerika (argentinische Cordillere).

Cucullaea Gabrielis Leym. Mittel- und Südfrankreich. In England auf der Insel Wight. Schweiz. Nordwestdeutschland (Süntel). Spanien. Südamerika (Columbien, argentinische Cordillere).

Cucullaea securis Leym. In Mittelfrankreich. England. Schweiz. Rußland. Nordwestdeutschland. Südamerika (Argentinien).

Digitized by Google

Pinna Robinaldina d'Orb. Weit verbreitet. In Frankreich. In England auf der Insel Wight. St. Croix in der Schweiz. Rußland. Spanien. Nordwestdeutschland (Braunschweig, Hildesheim. Bielefeld). Südamerika (Argentinien).

Trigonia longa Ag. In Frankreich (Jura, La Perte du Rhône, Provence, Haute-Marne, Yonne, Aube). Neuchâtel in der Schweiz. Südamerika (Columbien, Chile).

Ptychomya Germani P. et C. Im Valangien von St. Croix bei Métabief.

Psammobia valangiensis P. et C. Im Valangien von St. Croix und Villers-le-Lac.

Mactromya Couloni Ag. In Frankreich. In der Schweiz (St. Croix, Neuchâtel, Chaux de Fonds).

Glycimeris (Panopaea) Dupiniana d'Orb. In Frankreich bei Marolles (Aube) und Brilon (Meuse). In Nordwestdeutschland (bei Iburg).

Glycimeris (Panopaea) Carteroni d'Orb. In Frankreich bei Morteau (Doubs).

Pholadomya elongata Münster. Weit verbreitet. In Frankreich. Chambéry in Savoyen. Nordwestdeutschland (Bielefeld). England, Schweiz. Spanien.

Clypeopygus Robinaldinus d'Orb. In Frankreich bei Fontenoy, St. Sauveur und Leugny (Yonne).

Serpula antiquata Sow. Aptien de la Perte du Rhône. St. Croix (Schweiz). Im Hils-Ton und Konglomerat von Nordwestdeutschland. Wiltshire in England.

Auch *Myoconcha angulata*, die nächste Verwandte der *M. transatlantica*, stammt aus dem französischen Turon. Ebenso hat *Hoplites pseudoregalis* Burckh. sp. seinen nächsten Verwandten *H. regalis* Beau. im Unter-Neocom von Speeton, der nach Kilian auch im Ober-Valangien und Hauterivien Südfrankreichs vorkommt.

Aus dieser Übersicht ergibt sich deutlich die Bestätigung der Untersuchungen von Burckhardt und seinen Vorgängern. Man kann daher wohl mit Bestimmtheit folgende zwei Sätze als das Hauptergebnis aller bisherigen andinen paläontologischen Arbeiten über Jura und Kreide hinstellen:

Digitized by Google

I. Viele andine[1] Arten der Jura- und Kreideformation sind mit außerandinen bezw. europäischen identisch[2].

[1] Hier nicht im speziellen, sondern im allgemeinen Sinne = aus den Anden stammend.

[2] Dieser Umstand findet nur darin seine Erklärung, daß man eine Verbindung des andinen Meeres mit dem mitteleuropäischen annimmt. Wie schon BURCKHARDT ausführlich dargelegt, hat diese Verbindung in zwei Richtungen stattgefunden, einmal mit dem atlantischen und zweitens mit dem pazifischen Äquatorialmeer. Erstere Verbindung läßt BURCKHARDT jedoch nur für die Lias-Dogger-Zeit gelten, während in der oberen Jura-Zeit dieselbe durch einen trennenden Kontinent aufgehoben sein soll. Die Gründe hierfür möchte ich jedoch nicht für zwingend halten. Wenn die Übereinstimmung mit westeuropäischen ab-, die der osteuropäischen dagegen zunimmt, so ist meines Erachtens die Konstruktion eines trennenden Kontinents noch nicht nötig, um diese Erscheinung zu erklären. Schon eine geringe Änderung in den Meerestiefen und besonders Strömungen würde genügen, diesen niederen Tieren, die — abgesehen vielleicht von den Ammoniten — nur geringe eigene Ortsbewegung besitzen, denjenigen Weg zu verlegen, den sie bezüglich ihrer Verbreitung inne zu halten gewohnt waren. Besonders der Umstand, daß zur unteren Kreidezeit die alten Verhältnisse, nämlich die Verbindung mit dem atlantischen Äquatorialmeer, wieder hergestellt sind, wie sich aus der vorhin erwähnten überraschenden Übereinstimmung der Faunen ergibt, läßt mir die betreffende Landmasse fraglich erscheinen. Auch sind größere Transgressionen, die doch hier stattgefunden haben müßten, aus der Kreidezeit nur aus dem Cenoman und z. T. aus dem Senon bisher bekannt geworden.

Eine weitere Verbindung des andinen Meeres bestand mit dem pazifischen Äquatorialmeer, entsprechend der Thetys im SUESS'schen Sinne. Der Verlauf dieses Meereszuges läßt sich genau aus der Übereinstimmung der Faunen erkennen, die nach STEUER und BURCKHARDT folgende Gebiete mit den Anden aufweisen.

1. Stramberg und Karpathen.
   - *Neumayria planiuscula* ZITTEL
   - *Perisphinctes* aff. *pseudocolubrinus* KILIAN
   - „ *contiguus* ZITTEL
   - *Aspidoceras rogoznicense* OPP.
   - „ *cyclotum* OPP.
   - *Oppelia perlaevis*.
2. Krym (Theodosia).
   - *Hoplites incompositus* RET.
   - „ *Burckhardti* MAYER-EYMAR
   - „ *callistoides* BEHR.
3. Spiti shales.
   - *Hoplites Theodori* OPP.
   - „ *molinensis* BURCKH.

Digitized by Google

II. In den Jura- und Kreideablagerungen der Cordillere sind verschiedene Faunenelemente, boreale, gemäßigte und tropische vermischt, wodurch die NEUMAYER'schen Klimazonen endgültig hinfällig werden.

Inhaltsverzeichnis.

A. Pisces. Seite

Lepidotus maximus WAGN. 188

B. Cephalopoda.

Nautilus cf. *subinflatus* D'ORB. 188
Aspidoceras Steinmanni n. sp. Taf. VII Fig. 1 a—d 189
„ cf. *andinum* STEUER Taf. VII Fig. 2 190
„ *euomphalum* STEUER 191
„ *rogoznicense* ZEUSCHN. 191
Perisphinctes proximus STEUER 192
„ *mangaensis* STEUER 192
„ *Nikitini* MICH. 193
„ *argentinus* n. sp. Taf. VIII Fig. 1 a—c 193
„ cf. *striolatus* STEUER 194
„ aff. *pseudolictor* CHOFF. 195

Hoplites australis BURCKH.
„ *Wallichi* GRAY
„ aff. *Hookeri* BLFD.
Perisphinctes permulticostatus STEUER
Reineckia egregia STEUER
Olcostephanus Grotei OPP.
„ *fraternus* STEUER.

Fernerhin scheint der östliche Teil von Niederländisch-Indien verwandtschaftliche Beziehungen zu Europa aufzuweisen. Auf der Sula-Insel wurden nämlich vor einigen Jahren von Herrn Prof. G. BOEHM in Freiburg i. Br. reiche Aufsammlungen im Dogger vorgenommen, bei deren Bearbeitung die Ammoniten sehr viele Anklänge an europäische zeigten. Eine Art, die völlig deutschen und französischen Exemplaren glich, könnte mit *Peltoceras arduennense* identifiziert werden. Neuerdings sind nun aus der gleichen Gegend typische Malmfossilien eingetroffen, zahlreiche Perisphincten und Phylloceraten, die — mir selbst zur Ansicht vorgelegen — schwäbischen Arten zum Verwechseln ähneln. Es steht zu hoffen, daß bei genauerer Untersuchung auch hierbei sich mehrere Arten mit europäischen identifizieren lassen.

Digitized by Google

Seite
Perisphinctes cf. aff. *bifurcatus* Qu. 195
„ aff. *Erinus* d'Orb. 196
„ „ *Erinoides* Burckh. 197
Virgatites scythicus Vischn. 197
„ cf. aff. *apertus* Vischn. 198
Neumayria Zitteli Burckh. Taf. VII Fig. 3a, b u. Fig. 4a—c . . 200
„ *pseudooolithica* n. sp. Taf. VIII Fig. 2a—c 200
Haploceras cf. *tenuifalcatum* Neum. 201
Hoplites Köllikeri Opp. Taf. IX Fig. 7a—e 201

Aptychi.

Aptychus cf. *exsculptus* Schauroth 202
„ *laevis-brevis* Dollfus 203
„ *crassissimus* n. sp. Taf. VIII Fig. 3a, b 204

C. Gastropoda.

Harpagodes Oceani Brongn. 204
Alaria cf. *Glaucus* d'Orb. 205
Capulus argentinus n. sp. Taf. VIII Fig. 7a, b 206
Actaeon andinus n. sp. Taf. X Fig. 4a, b 206
Cerithium sp. Taf. X Fig. 5a, b 206

D. Lamellibranchiata.

Pinna Robinaldina d'Orb. 207
Perna cf. *Bayani* P. de Loriol 207
„ aff. *americana* Forbes Taf. X Fig. 2a—c 207
Ostrea curvirostris Ph. Taf. IX Fig. 1—6 208
„ aff. *Roemeri* Qu. 210
„ *minos* Coqu. Taf. VIII Fig. 4 210
Exogyra Couloni d'Orb. 211
Myoconcha transatlantica Burckh. Taf. X Fig. 1a, b 211
Cucullaea Gabrielis Leym. 212
„ *securis* d'Orb. Taf. IX Fig. 8a—f 213
Trigonia transitoria Steinm. 214
„ *carinata* Ag. 214
„ *Erycina* Ph. Taf. VIII Fig. 5a, b 215
„ cf. *monilifera* Ag. 215
„ *longa* Ag. 216
„ cf. *eximia* Ph. 216
Eriphyla argentina Burckh. 217
Lucina Neuquensis n. sp. Taf. X Fig. 3a, b 217
„ *argentina* Behr. 218
„ cf. *corbisoides* d'Orb. 219
Ptychomya Germani P. et C. 219
Psammobia valangiensis P. et C. 220
Mactromya aff. *Couloni* Ag. 220
Glycimeris (Panopaea) Dupiniana d'Orb. 221

Digitized by Google

Seite
Glycimeris (Panopaea) Carteroni d'Orb. 221
Pholadomya elongata Münster 221
Solenomya neocomiensis n. sp. Taf. VIII Fig. 6 222

E. Vermes.

Serpula antiquata Sow. 222

F. Echinodermata.

Clypeopygus Robinaldinus d'Orb. 223
Holectypus sp. 223

Literaturverzeichnis.

Abel, Othenio: Die Tithonschichten von Niederfellabrunn in Niederösterreich und deren Beziehungen zur unteren Wolgastufe. Verhandl. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1897. No. 17 u. 18.

Agassiz, L.: Etudes critiques sur les mollusques fossiles, Neufchâtel. Mémoire sur les Trigonies. 1840. Mémoire sur le Myes. 1845.

Ammon, L. v.: Die Jura-Ablagerungen zwischen Regensburg und Passau. Gekrönte Preisschrift. München 1875.

Bayle et Coquand: Mémoire sur les fossiles secondaires recueillis dans le Chili par J. Domeyko et sur les terrains auxquels ils appartiennent. Mém. soc. géol. de France. (2.) **4.** 1851.

Bayle: Fossiles principaux des terrains. Atlas ohne Text. Explications de la carte géologique de la France. **4.** Paris 1878.

Behrendsen, O.: Zur Geologie des Ostabhanges der argentinischen Cordillere. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. I. Teil. 1891. II. Teil. 1892.

Benecke, E. W.: Über Trias und Jura in den Südalpen. München 1866.

Bertrand et Kilian: Mission d'Audalousie. Mém. prés. à l'acad. d. sc. (2.) **30.** Paris 1889.

Bogoslowsky, N. A.: Materialien zur Kenntnis der untercretaceischen Ammonitenfauna von Zentral- und Nord-Rußland. Mém. du Comité géol. Nouvelle série. Livr. 2. Petersburg, Leipzig, Paris 1902.

Bukowsky, G.: Über die Jurabildungen von Czenstochan in Polen. Beiträge zur Paläontologie Österreich-Ungarns und des Orients. **5.** Wien 1887.

Burckhardt, C.: Profils géologiques transversaux de la Cordillère argentino-chilienne. Stratigraphie et Tectonique. Anales del Museo de la Plata. 1900.

— — Coupe géologique de la Cordillère entre las Lajas et Curacantin. Anales del Museo de la Plata. 1900.

— — Beiträge zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation der Cordillere. Palaeontographica. **50.** Stuttgart 1903.

Burmeister, H. und C. Giebel: Die Versteinerungen von Juntas im Tal des Rio de Copiapó. Abhandl. d. naturf. Ges. Halle. **6.** 1861.

Digitized by Google

Buvignier, A.: Statistique géologique du Département de la Meuse. Paris 1852.

Choffat, P.: Description de la faune jurassique du Portugal. Classe des céphalopodes (les ammonites du Lusitanien) et les mollusques Lamellibranchies. Lisbonne 1893.

Collot: Sur les Trigonies byssifères. Bull. soc. géol. de France. (3.) **27**. 1899.

Coquand, H.: Monographie de l'Étage Aptien de l'Espagne. Marseille 1865.

— — Monographie du Genre *Ostrea*. Terrain crétacé. Marseille 1869.

Darwin, Ch.: Geological observations on South America with descriptions of fossil shells by Sowerby and Forbes. London 1846.

Dollfus, Aug.: La faune kimméridgienne du Cap de la Hève. Essai d'une révision paléontologique. Paris 1863.

Dumortier, E. et F. Fontannes: Description des Ammonites de la zone à *Ammonites tenuilobatus* de Crussol (Ardèche). Lyon et Paris 1876.

Favre, E.: La zone à *Ammonites acanthicus* dans les Alpes de la Suisse et de la Savoie. Abhandl. d. schweiz. paläontol. Ges. **4**. 1877.

— — Fossiles des couches tithoniques des Alpes fribourgeoises. Abhandl. d. schweiz. paläontol. Ges. **6**. 1879.

Felix, J.: Versteinerungen aus der mexikanischen Jura- und Kreideformation. Palaeontographica. **37**. 1891.

Fischer, P.: Manuel de Conchyliologie et de Paléontologie conchyliologique. Paris 1887.

Fontannes, F.: Description des Ammonites des calcaires du Château Crussol. Paris et Lyon 1879.

Gemmellaro, G. G.: Studi paleontologici sulla fauna del Calcare a *Terebratula janitor* del Nord di Sicilia. Palermo 1868—1876.

— — Sopra alcune faune giuresi e liasiche della Sicilia. Studi paleontologici. Palermo 1872—1882.

Gerhardt, K.: Beiträge zur Kenntnis der Kreideformation in Columbien. In: Beiträge zur Geologie und Paläontologie Südamerikas von G. Steinmann. VI. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XI. 1897.

Goldfuss, A.: Petrefacta Germaniae. 1836.

Gottsche, C.: Über jurassische Versteinerungen aus der argentinischen Cordillere. In: Stelzner, Beiträge zur Geologie und Paläontologie der argentinischen Republik. Palaeontographica. Supplem. III. 1878.

Herbich, F.: Das Székerland mit Berücksichtigung der angrenzenden Landesteile geologisch und paläontologisch beschrieben. Mitteil. aus dem Jahrb. d. k. ung. geol. Anstalt. **5**. Heft 2. Budapest 1878.

Holub, E. und M. Neumayr: Über einige Fossilien aus der Uitenhage-Formation in Südafrika. Denkschr. d. math.-naturw. Kl. d. k. Akad. d. Wiss. **44**. Wien 1881.

Karakasch, N.: Dépôts crétacés du versant septentrional de la Chaîne principale du Caucase et leur faune. Petersburg 1897.

Keyserling, A. Graf: Wissenschaftliche Beobachtungen auf einer Reise in das Petschora-Land. Petersburg 1846.

Digitized by Google

Koch, Fr. C. L. und W. Dunker: Beiträge zur Kenntnis des norddeutschen Oolithengebildes und dessen Versteinerungen. Braunschweig 1837.

Krauss, F.: Über einige Petrefakten aus der unteren Kreide des Kaplandes. Nova acta Caes. Leop. Carol. nat. Cur. **22**. Pt. II. 1847.

Lahusen, J.: Die Fauna der jurassischen Bildungen des Rjasanschen Gouvernements. Mém. du Comité géol. **1**. 1. 1883.

Lennier, G.: Études géologiques et paléontologiques sur l'Embouchure de la Seine et les Falaises de la Haute-Normandie. Ouvrage couronné. Havre.

Leymerie, A.: Mémoire sur le terrain crétacé du département de l'Aube. Mém. soc. géol. de France. **5**. 1. Paris 1842.

Loriol, P. de: Description des fossiles de l'Oolite corallienne, de l'étage Valangien et de l'étage Urgonien du Mont Salève. Extrait des recherches géologiques dans les parties de la Savoie, du Piémont et de la Suisse voisins du Mont Blanc par A. Favre. Genève 1866.

— — Description des animaux invertébrés fossiles contenus dans l'étage Neocomien moyen du Mont Salève. Genève, Bâle 1861.

— — Monographie paléontologique de la zone à *Ammonites tenuilobatus* de Baden (Argovie). Abhandl. d. schweiz. paläontol. Ges. **3, 4** u. **5**.

— — Monographie paléontologique de la zone à *Ammonites tenuilobatus* d'Oberbuchsitten. Eodem. **7** u. **8**.

Loriol, P. de et G. Cotteau: Monographie paléontologique et géologique de l'étage Portlandien du département de l'Yonne. Extrait du tome I, série 2, du Bull. soc. d. sc. hist. et nat. de l'Yonne. Paris 1868.

Loriol, P. de et Pellat: Monographie paléontologique et géologique des étages supérieurs de la formation jurassique des environs de Boulogne-sur-mer. Paris 1874.

Loriol, P. de, Royer et Tombek: Description géologique et paléontologique des étages jurassiques supérieurs de la Haute-Marne. Paris 1872.

Lycett, J.: A monograph of the british fossil Trigoniae. Mem. of the palaeontographical Society of London. 1872—79.

Matheron: Recherches paléontologiques dans le midi de la France. Marseille 1879—1885.

Michalski, A.: Die Ammoniten der unteren Wolgastufe. Mém. du Comité géol. de Russie. **8**. 2. Liefg. 1. 1890. Liefg. 2. 1894.

Möricke, W.: Die Versteinerungen des Lias und Unteroolith von Chile. In: Beiträge zur Geologie und Paläontologie von Südamerika von G. Steinmann. II. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. IX. 1894.

Morris and Lycett: A monograph of the Mollusca of the great oolite chiefly from Minchinhampton and the coast of Yorkshire. Mem. of the palaeontographical Society London. 1854.

Mösch, C.: Monographie der Pholadomyen. Abhandl. d. schweiz. paläontol. Ges. **1**. 1874—1875.

Murchison, Verneuil, Keyserling: Géologie de la Russie d'Europe et montagnes de l'Oural. Vol. II: Paléontologie. Londres et Paris 1845.

Digitized by Google

Neumayr, M.: Die Fauna der Schichten mit *Aspidoceras acanthicum* Opp. sp. Abhandl. d. k. k. geol. Reichsanst. Wien 1873.

— — Die geographische Verbreitung der Juraformation. Denkschr. d. k. k. Akad. d. Wiss. Wien. **50.** 1885.

— — Die Ammoniten der Kreide und die Systematik der Ammonitiden. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. **27.** 1875. p. 854.

Neumayr, M. und V. Uhlig: Über Ammonitiden aus den Hilsbildungen Norddeutschlands. Palaeontographica. **27.** 1881.

Nikitin, S.: Der Jura der Umgegend von Elatma. Eine paläontologisch-geognostische Monographie. Nouv. Mémoires. **14.**

— — Die Cephalopodenfauna der Jurabildungen des Gouvernements Kostroma. Petersburg 1884.

— — Les vestiges de la période crétacée dans la Russie centrale. Mém. du Comité géol. de Russie. **5.** 2. 1888.

Oppel, A.: Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschlands. Stuttgart 1856—1858.

— — Über jurassische Cephalopoden. Paläontol. Mitteil. a. d. Museum d. k. bayr. Staates. **3.** 1862—1863.

— — Über ostindische Fossilreste aus den sekundären Ablagerungen von Spiti und Guari Korsum in Tibet. Eodem. **4.** 1863.

— — Die tithonische Etage. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. **17.** 1865. p. 535.

d'Orbigny, A.: Paléontologie française. Terrains jurassiques. Paris 1842—1880. Terrains crétacés. 1840—1841.

— — Voyage dans l'Amérique méridionale. Tome III, 4 partie: Paléontologie. Paris et Strasbourg 1842.

— — Prodrome de paléontologie stratigraphique universelle des animaux mollusques et rayonnés.

Pavlow, A. P. et Lamplugh: Argiles de Speeton et leurs équivalents. Bull. Soc. Impér. des Natural. de Moscou. 1891. No. 3 et 4.

— — Les Ammonites de la zone à *Aspidoceras acanthicum* de l'est de la Russie. Mém. du Comité géol. **2.** 3. Petersburg 1886.

— — Le Crétacé inférieur de la Russie et sa faune. I et II partie. Nouveaux mémoirs de la Soc. Impér. des Natural. de Moscou. **16.** Livr. 3. Moscou 1901.

Péron, A.: Sur l'étage tithonique en Algérie. Bull. soc. géol. de France. (2.) **29.** 1872. p. 180.

Philippi, E.: Über das Vorkommen von Austern im lithographischen Schiefer von Solnhofen. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. Jahrg. 1897. p. 49 f.

Philippi, R. A.: Los fósiles secundarios de Chile. Santiago de Chile 1899.

Pictet, F. J.: Mélanges paléontologiques. I—IV Livr. Genève 1863—1868.

Pictet, F. J. et G. Campiche: Description des fossiles du terrain crétacé des environs de St. Croix. Matériaux pour la paléontologie suisse, 3me partie (1864—1867) et 4me partie (1869—1871). Genève et Bâle.

Quenstedt, F. A.: Petrefaktenkunde Deutschlands. I.: Cephalopoden. Tübingen 1840—1849.

— — Der Jura. Tübingen 1858.

Digitized by Google

Quenstedt, F. A.: Die Ammoniten des schwäbischen Jura. II.: Der braune Jura. 1887. III.: Der weiße Jura. 1888.

Roemer, F. A.: Die Versteinerungen des norddeutschen Oolithengebirges. Hannover 1836.

— — Die Versteinerungen des norddeutschen Kreidegebirges. Hannover 1841.

Siemiradzki, J. v.: Monographische Beschreibung der Ammonitengattung *Perisphinctes*. Palaeontographica. **45**. 1898—1899. p. 69—352.

Sowerby, J.: Großbritanniens Mineral-Conchologie. Deutsch von Dr. Agassiz. Neufchâtel 1837.

Steinmann, G.: Zur Kenntnis der Jura- und Kreideformation von Caracoles. Dies. Jahrb. 1882. I.

— — Die Gruppe der Trigoniae pseudoquadratae. Dies. Jahrb. 1882. I.

— — Über Tithon und Kreide in den peruanischen Anden. Dies. Jahrb. 1881. II.

Stelzner, A.: Beiträge zur Geologie und Paläontologie der argentinischen Republik. Cassel und Berlin 1885.

Steuer, A.: Argentinische Juraablagerungen. Ein Beitrag zur Kenntnis der Geologie und Paläontologie der argentinischen Anden. Paläontologische Abhandlungen. **7**. (Neue Folge. **3**) Heft 3. Jena 1897.

Stoliczka, F.: Cretaceous Fauna of Southern India. Vol. III: The Pelecypoda. Palaeontologia Indica. Memoirs of the Geological Survey of India. Calcutta 1871.

Struckmann, C.: Der obere Jura der Umgegend von Hannover. Hannover 1878.

— — Neue Beiträge zur Kenntnis des oberen Jura und der Wealdenbildungen der Umgegend von Hannover. Paläontologische Abhandlungen von Dames und Kayser. **1**. Heft 1. Berlin 1832.

Tornquist, A.: Der Dogger am Espinazitopaß nebst einer Zusammenstellung der jetzigen Kenntnis von der argentinischen Juraformation. Paläontologische Abhandlungen. Neue Folge. **4**. Heft 2. 1898.

Trautschold, H.: Recherches géologiques aux environs de Moscou. Moscou 1859—1862.

— — Über Kreideablagerungen im Gouvernement Moskau. Moskau 1862.

— — Der glanzkörnige braune Sandstein bei Dmitrijewa-Gora an der Oka. Moskau 1863.

— — Drei Briefe aus dem Gebiet der mittleren Wolga. Moskau 1863.

— — Nomenclator Palaeontologicus der jurassischen Formation in Rußland, und Nachtrag. Moskau 1863 und 1866.

— — Über jurassische Fossilien von Indersk. Moskau 1864.

— — Der Inoceramenton von Ssimbirsk. Moskau 1865.

— — Zur Fauna des russischen Jura. Moskau 1866.

— — Der südliche Teil des Gouvernements Moskau. St. Petersburg 1867.

Uhlig, V.: Die Jurabildungen in der Umgebung von Brünn. Beiträge zur Paläontologie Österreich-Ungarns und des Orients. **1**. Heft 2, 3. 1881.

Digitized by Google

Uhlig, V.: Über die Cephalopodenfauna der Teschener und Grodischter Schichten. Denkschr. d. math.-naturw. Kl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien. **72**. 1901.

Vischniakoff: Description des Planulati de Moscou. 1882.

Waagen, W.: Jurassic fauna of Kutsch. The Cephalopoda. Mem. geol. Survey of India. **1**. (4.) IX. 4. 1875.

Weerth, O.: Die Fauna des Neocomsandsteins im Teutoburger Walde. Paläontologische Abhandlungen von Dames und Kayser. **2**. Heft 1.

Wollemann, A.: Die Bivalven und Gastropoden des deutschen und holländischen Neocoms. Abhandl. d. k. preuß. geol. Landesanst. Neue Folge. **31**. Berlin 1899.

Zieten, H. v.: Die Versteinerungen Württembergs. Stuttgart 1830.

Zittel, K. v.: Die Cephalopoden der Stramberger Schichten. Paläontol. Mitteil. a. d. Museum d. bayr. Staates. **2**. 1868.

— — Die Fauna der älteren cephalopodenführenden Tithonbildungen. Ebenda. 1870.

— — Handbuch der Paläozoologie. München und Leipzig. Bd. I u. II. 1876—1885.

— — Grundzüge der Paläontologie. I. Abteilung: Invertebrata. München und Berlin 1903.

Digitized by Google

Untersuchungen über Kristallzwillinge und deren Zusammenhang mit anderen Erscheinungen.

Von

A. Johnsen in Königsberg i. Pr.

Mit 23 Figuren im Text und 1 Tabelle.

Inhalt.

Seite

Formales 238

Neue Fälle von Zwillingsbildung.

Natriumuranylacetat 242

Wasserhaltiges Natriumlithiumsulfat 245

Saures Magnesiumtartrat 246

Carnallit 252

Nickelammoniumchlorid 254

Nickelnatriumuranylacetat 259

Chromglaserit 269

Lithiumsulfat 274

Polarität und Zwillingsbildung.

Vorbemerkung 277

Regulär-tetraedrische und -tertartoedrische Substanzen . . . 280

Tetragonal-hemimorphe Substanzen 281

Hexagonal-hemimorphe Substanzen 282

Rhombisch-hemimorphe Substanzen 288

Monoklin-hemimorphe Substanzen 291

Monoklin-hemiedrische Substanzen 300

Enantiomorphie und Zwillingsbildung.

Vorbemerkung 301

Regulär-tetartoedrische und plagiedrische Substanzen 305

Tetragonal-trapezoedrische und -hemimorph-tetartoedrische Substanzen 311

Hexagonale (trapezoedrische Tetartoedrie, 1. hemimorphe Tetartoedrie, Ogdoedrie) 312

Digitized by Google

Seite
Rhombisch-hemiedrische Substanzen 313
Monoklin-hemimorphe Substanzen 322
Triklin-hemiedrische Substanzen 323
Entstehung und Ausbildung von Zwillingen.
Wachstum und Auflösung 323
Verwachsungsfläche 330
Flächenbegrenzung 339
Einfache Schiebungen 342
Tabelle der bekannten Zwillingsgesetze.

Formales.

Nachdem schon 1773 Romé de l'Isle Zwillinge[1] von Staurolith, Diamant u. a. unter Angabe von Winkelgrößen exakt beschrieben, hat Hauy auf Grund von Beobachtungen an Zwillingen von Spinell, Kalkspat, Eisenglanz, Zinnstein, Augit, Hornblende etc. die Achse und die Ebene der Hemitropie in die Beschreibung solcher Gebilde mit der Bemerkung eingeführt, daß der „plan de rotation" stets durch „décroissement" zu erhalten sei. Bald darauf jedoch erkannte Mohs an Tiroler Periklinen die Irrationalität der Zwillingsebene und stellte ungefähr gleichzeitig mit Haidinger fest, daß im allgemeinen nur entweder die Zwillingsachse (= Drehungsachse) oder die Zwillingsebene (senkrecht dazu) rational sei. Später zeigte Mügge, daß dieser Satz auch für die Gleitrichtung bezw. die Gleitfläche der zu Zwillingsbildung führenden einfachen Schiebungen gelten muß, wofern Kristallflächen wiederum in rationale Flächen übergehen sollen, und es ist möglich, daß die von Mohs' Regel abweichenden Deutungen der Glimmer-, Hydrargillit- und Argyrodit-Zwillinge, in denen Tschermak's Hypothese verwirklicht erscheinen könnte, keine volle Bestätigung erfahren werden.

Als „Ergänzungszwillinge" oder „Zwillinge mit parallelen Achsensystemen", die nach Weiss' an Schwefelkies und an Quarz gemachten Entdeckungen besonders von Haidinger[2] und von Sadebeck[3] ausführlich behandelt wurden, könnte man diejenigen Bildungen bezeichnen, deren Umdrehungsachse einer

[1] „Zwilling" rührt von Werner her, „macle" von Romé de l'Isle.
[2] Edinburgh Journ. Science. I. p. 54. 1824.
[3] Angewandte Kristallographie. Berlin 1876.

Digitized by Google

geradzähligen Deckbewegungsachse des zugeordneten Raumgitters entspricht. Dieses wird so gewählt, daß jede mögliche Kristallkante in dem unendlich ausgedehnten Gitter unendlich viele Gitterpunkte enthält; freilich ist es für obige Definition nicht gleichgültig, ob man für einen trigonalen Körper das hexagonale oder das rhomboedrische Gitter benutzt[1]. Auch die Verwachsungen zweier enantiomorpher Individuen fügen sich der Hemitropieregel ein, wenn man von der Inversstellung der beiden Kristalle ausgeht.

Die von HAIDINGER und später von FLETCHER[2], sowie von BAUMHAUER[3] beschriebenen, nach (101) symmetrischen Kupferkieszwillinge und vielleicht auch Stephanitzwillinge nach (110) gehorchen der Hemitropieformel nicht unmittelbar, lassen sich aber mittels zweier Umdrehungsachsen konstruieren; im übrigen wird man in solchen Einzelfällen auch ohne Bedenken eine abweichende Beschreibung des Zwillingsgesetzes vornehmen, wofern man die Formulierung einer gegebenen Verwachsungsart und die Definition[4] von Zwillingsbildung überhaupt als rein systematische Kunstgriffe erkannt hat.

Über die Symmetrie von Zwillingen läßt sich vom Standpunkte der MOHS-HAIDINGER'schen Regel folgendes aussagen:

1. Das Produkt aus vorhandenem Zentrum und Hemitropieachse ergibt eine zur letzteren senkrechte Symmetrieebene.

Wählt man nämlich die Zwillingsachse Y und zwei zu ihr und zueinander senkrechte Richtungen X und Z zu Koordinatenachsen, so geht eine Fläche F mit den Achsenschnitten x y z durch Hemitropie über in F′ mit $\bar{x}$ y z und diese durch Inversion in F″ mit $\bar{x}\bar{y}\bar{z}$; es geht aber x y z durch Spiegelung an X Z ebenfalls über in $\bar{x}\bar{y}\bar{z}$.

Beispiel: Monoklin-holoedrische Zwillinge nach (h 0 l).

---

[1] Die Kalkspatzwillinge nach (0001) würden im einen Fall „Ergänzungszwillinge" heißen, im anderen nicht.

[2] Zeitschr. f. Krist. **7**. 325. 1881.

[3] Zeitschr. f. Krist. **31**. 269. 1899.

[4] Vergl. die Definitionen von MALLARD (Bull. soc. min. franç. **8**. 452. 1885), GROTH (Phys. Krist. p. 268. 1905), LIEBISCH (Grundriß. p. 71. 1896), LINCK (Grundriß. p. 24. 1896), GOLDSCHMIDT (Zeitschr. f. Krist. **30**. 254. 1897 u. **31**. 57. 1898), VIOLA (Zeitschr. f. Krist. **32**. 305. 1900) u. a.

Digitized by Google

2. Ist die Zwillingsachse normal zu einer vorhandenen Symmetrieebene, so entsteht das Zentrum (Umkehrung von 1.).

Beispiel: Kieselzinkerzzwilling nach (100).

3. Liegt die Zwillingsachse in einer Symmetrieebene, so entsteht parallel ersterer und normal zu letzterer eine neue Symmetrieebene.

Wählt man die Symmetrieebene als YZ-Ebene, so geht F mit xyz durch Spiegelung über in F′ mit $\bar{x}yz$ und F′ durch Hemitropie um Y in F″ mit $\bar{x}y\bar{z}$; es geht aber xyz durch Spiegelung an XY ebenfalls über in $x\bar{y}z$.

Beispiel: Rhombisch-holoedrische Zwillinge nach (hk0), monoklin-holoedrische oder -hemiedrische nach (h0l).

4. Ist die Zwillingsachse normal zu einer geradzähligen Symmetrieachse, so entsteht eine zu beiden normale zweizählige Symmetrieachse.

Wählt man die vorhandene Symmetrieachse zu X, so geht F mit xyz durch halbe Umdrehung um X über in F′ mit $x\bar{y}\bar{z}$ und diese durch Hemitropie um Y in F″ mit $\bar{x}yz$; es geht aber xyz durch halbe Umdrehung um Z ebenfalls über in $\bar{x}\bar{y}z$.

Beispiel: Monoklin-holoedrische oder -hemimorphe Zwillinge nach (h0l).

Aus 4. folgt u. a.: Tritt Zwillingsbildung der Kristalle A und B sowie B und C nach zwei zueinander normalen Zwillingsachsen ein, so sind A und C nach einer zu den beiden ersteren normalen Achse verzwillingt. Beispiel: Cyanitzwillinge nach der Normale von (100) und nach $\dot{c}$ liefern einen Zwilling nach der Normale von $\dot{c}$ in (100).

5. Ist die Richtung der Zwillingsachse dreizählige Symmetrieachse, so wird sie zu einer sechszähligen Achse des Zwillings.

Beispiel: Spinellzwillinge.

6. Andere Symmetrieelemente[1] des Einzelkristalls

[1] Es sei hier darauf aufmerksam gemacht, daß die Symmetrie eines Zwillings von vorn herein etwas anderes ist als diejenige eines Einzelkristalls, weil in jenem parallele Richtungen im allgemeinen nicht gleichwertig sind. Es sollen hier alle diejenigen Symmetrieelemente als vorhanden gelten, die jede Fläche des modellartigen Zwillings mit einer gleichwertigen zur Deckung bringen.

Digitized by Google

als die in 1.—5. erwähnten übertragen sich auf den Zwilling als solchen im allgemeinen nicht.

Beispiel: Ein rhombisch-holoedrischer Zwilling nach der Normale von (h k 0) besitzt von den drei Symmetrieebenen der Einzelkristalle nach 3. nur die der Zwillingsachse parallele (001).

7. Ist aber die Zwillingsachse geradzählige Symmetrieachse eines zugeordneten Raumgitters, so entstehen alle diejenigen Symmetrieelemente, die sich aus dem Produkt der vorhandenen Symmetrieelemente und der Zwillingsachse ergeben.

Beispiel: Eisenkieszwillinge nach [101] erlangen nicht nur jene Zwillingsachse als zweizählige Symmetrieachse, sondern infolge der dreizähligen Achsen sämtliche sechs zweizähligen Achsen der Holoedrie.

8. Jede der im Zwilling neu auftretenden Symmetrieoperationen ist zur Konstruktion desselben ausreichend.

Beispiel: Konstruiert man einen Scheelitzwilling durch Drehung um die Normale von (110), so ergibt die Zwillingsachse zusammen mit dem vorhandenen Zentrum die Symmetrieebene (110), diese zusammen mit der vierzähligen Achse die Symmetrieebene (1$\bar{1}$0), diese mit dem Zentrum eine zu ihr normale zweizählige Symmetrieachse. Nun läßt sich aber weiter folgender Satz leicht beweisen: Ist die Schnittlinie zweier zueinander normaler Symmetrieebenen eine vierzählige Symmetrieachse, so existieren zwei weitere Symmetrieebenen, welche die Winkel der beiden ersteren halbieren (das analoge gilt übrigens für sechszählige Achsen). Es ergeben sich also die zwei Symmetrieebenen (100) und (010) und diese liefern mit dem Zentrum zwei zu ihnen normale zweizählige Symmetrieachsen. Zur Konstruktion des Scheelitzwillings ist also jede der folgenden Operationen ausreichend:

1. Hemitropie um [110].
2. „ „ [1$\bar{1}$0].
3.[1] „ „ [010].
4.[1] „ „ [100].
5. Spiegelung an (110).
6. „ „ (1$\bar{1}$0).
7. „ „ (010).
8. „ „ (100).

[1] Groth hat bei der Aufzählung der Operationen diese zwei übergangen, s. Phys. Krist. p. 433. 1905.

Digitized by Google

Liebisch[1] hat z. T. folgende Aufgabe erkannt und behandelt: Wenn die Elemente eines Kristalls, die Indizes der Zwillingsebene und die Indizes einer Fläche des einen Individuums gegeben sind, sind die Indizes dieser Fläche, bezogen auf das Achsensystem des anderen Individuums, zu ermitteln. Dieselben werden sämtlich rational für:

1. reguläre Zwillinge nach irgend einem (h k l).
2. hexagonale und tetragonale Zwillinge nach irgend einem (h k 0),
3. hexagonale und tetragonale (Ergänzungs-)Zwillinge nach (001), (100) oder (110),
4. rhombische (Ergänzungs-)Zwillinge nach (001), (100) oder (010),
5.[2] monoklin-hemiedrische (Ergänzungs-)Zwillinge nach (010).

Hier können auch die Verwachsungen enantiomorpher Individuen genannt werden.

Zu 1. und 2. sei folgendes bemerkt: Im regulären System ergibt sich für jede Zone, im hexagonalen und tetragonalen für die Prismenzone, daß jeder Fläche eine normale Fläche innerhalb jener Zone und ferner eine normale Kante zugeordnet ist; eine halbe Umdrehung um letztere muß daher, wie leicht zu erkennen ist, jede Kristallfläche mit einer anderen zur Deckung bringen. Übrigens ist hier, obwohl jede Kristallfläche als Halbierende unendlich vieler Kristallwinkel fungiert, keineswegs umgekehrt jede Winkelhalbierende eine rationale Fläche.

Neue Fälle von Zwillingsbildung.

Natriumuranylacetat.

$NaUO_2(CH_3COO)_3$.

Diese Substanz wurde zuerst von Duflos dargestellt, später von Streng als Mikroreaktionsprodukt Na-haltiger Substanzen empfohlen. Hauer[3] beobachtete {110}, {111}, {1$\bar{1}$1}

[1] Zeitschr. f. Krist. **2**. 85. 1878 u. **4**. 201. 1880.

[2] In obigen Aufsätzen von Liebisch übergangen.

[3] Pogg. Ann. **125**. 149. 1865; vergl. auch Grailich, Kristallographisch-optische Untersuchungen, Preisschrift. p. 151. Wien u. Olmütz 1858.

Digitized by Google

klein. MARBACH[1] stellte optisches Drehungsvermögen fest, den Drehungswinkel für 1 mm und mittleres Gelb = 1,8°; TRAUBE[2] fand für die D-Linie 1,48°.

An 1—2 mm³ großen Kristallen der Form {110}, {111} groß, {1$\bar{1}$1} klein (rechtsdrehend), bezw. {110}, {1$\bar{1}$1} groß, {111} klein (linksdrehend), wozu selten {001} hinzutrat, fand ich unter Benützung des Tetraederwinkels den Brechungsindex für Natriumlicht

n_D = 1,50162 an einem rechtsdrehenden Kristall,
n_D = 1,50114 „ „ linksdrehenden „
n_D = 1,50138 im Mittel.

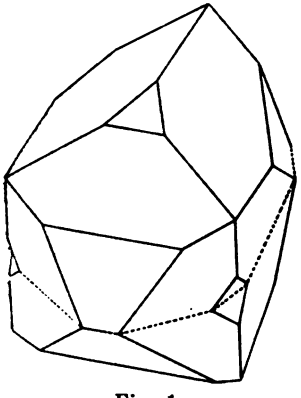


Fig. 1.

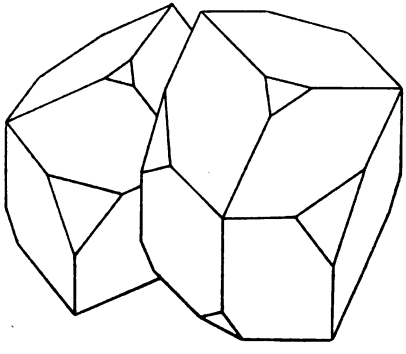


Fig. 2.

In Methylenjodid ergab sich die Dichtigkeit D = 2.562 (BÖDECKER[3] fand 2,55).

Durch Winkelmessung wurden sieben Zwillingsgesetze festgestellt.

1. Zwillinge zweier gleichdrehender Kristalle nach (112); die Zusammensetzung erfolgt nach der zu (112) senkrechten großen Tetraederfläche (Fig. 1).

2. Zwillinge zweier gleicher Kristalle nach (111); in drei Fällen fielen die beiden großen parallelen Tetraederflächen in ein Niveau, in einem Falle nicht. Die Zusammensetzungsfläche war stets unregelmäßig (Fig. 2).

[1] POGG. Ann. **94**. 422. 1855.

[2] LIEBISCH, Grundriß. p. 327. 1896; die Originalarbeit konnte ich leider nicht ermitteln.

[3] RAMMELSBERG, Handb. II. p. 94. 1881.

Digitized by Google

3. Zwillinge zweier gleicher Kristalle nach (101); die Verwachsung erfolgte in drei Fällen nach einer der großen Tetraederflächen, einmal nach einer der kleinen. Es entsteht plagiedrische Symmetrie (Fig. 3).

4. Zwillinge zweier ungleicher Kristalle in Inversstellung; die Verwachsung erfolgte unregelmäßig. Es entsteht pentagonale Symmetrie (Fig. 3).

5. Zwilling zweier ungleicher Individuen nach (112); in zwei Fällen lagen die zwei großen zu (112) normalen Tetraederflächen in einem Niveau, einmal dagegen fand ganz unregelmäßige Juxtaposition statt (Fig. 2).

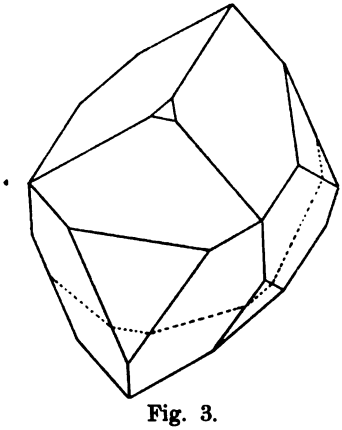


Fig. 3.

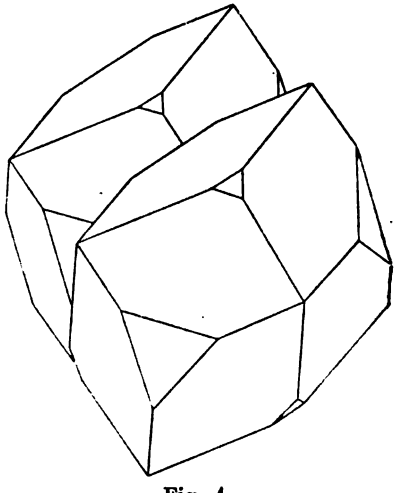


Fig. 4.

6. Zwillinge zweier ungleicher Individuen nach (111). in allen sechs Fällen mit den großen parallelen Tetraederflächen verwachsen (Fig. 1).

7. Zwillinge zweier ungleicher Kristalle nach (101); die Verwachsung war in allen vier Fällen ganz unregelmäßig. Es entsteht tetraedrische Symmetrie (Fig. 4).

Schließlich sei noch erwähnt, daß man mit verdünnter Lösung auf {110} typisch asymmetrische dreiflächige Ätzhügel erhält, die in Form langer Schmitzen mit dem stumpfen Ende nach dem benachbarten trigonalen Pol hin gerichtet sind; die an diesem Ende befindliche Ätzfläche entspricht der benachbarten Tetraederfläche, die beiden anderen Ätzflächen sind

Digitized by Google

lange, schmale Trapezoeder, deren Kombinationskante auf $(1\bar{1}0)$ der rechtsdrehenden Kristalle sich von links oben nach rechts unten hin krümmt, auf (110) der linksdrehenden von rechts oben nach links unten.

Wasserhaltiges Natriumlithiumsulfat.

$$3(Na_2SO_4 . 3H_2O) + Li_2SO_4 . 3H_2O.$$

Dieser Körper wurde von RAMMELSBERG[1] gemessen; sodann zeigte TRAUBE (dies. Jahrb. 1894. I. p. 185) seine Zugehörigkeit zur 2. hemimorphen Tetartoedrie, ermittelte obige Formel und stellte folgende Isomorphen dar:

1. $3(Na_2SeO_4 . 3H_2O) + Li_2SeO_4 . 3H_2O.$
2. $3(Na_2SO_4 . 3H_2O) + Li_2CrO_4 . 3H_2O.$
3. $3(Na_2CrO_4 . 3H_2O) + Li_2CrO_4 . 3H_2O.$
4. $3(Na_2MoO_4 . 3H_2O) + Li_2MoO_4 . 3H_2O.$
5. $3(Na_2WO_4 . 3H_2O) + Li_2WO_4 . 3H_2O.$

No. 2 ist übrigens noch insofern bemerkenswert, als nach TRAUBE's Analysen S und Cr keine Mischung einzugehen scheinen.

Eine zur chemischen Identifizierung unserer bei 20° C. aus reiner Lösung gewonnenen Kristalle ausgeführte Wasserbestimmung ergab:

H_2O . . . . 28,81 % gefunden,
H_2O . . . . 28,72 „ berechnet aus obiger Formel.

Achsenverhältnis $c : a =$ 0,902 RAMMELSBERG, 0,90610 TRAUBE, 0,89628 JOHNSEN.

Formen: $\{000\bar{1}\}$ groß, $\{0001\}$ klein oder fehlend, $\{10\bar{1}1\}$, $\{02\bar{2}1\}$, $\{4483\}$, $\{\bar{1}011\}$, $\{0\bar{2}21\}$, $\{44\bar{8}3\}$ und $\{11\bar{2}0\}$, die vier letzteren klein oder fehlend.

Winkel	TRAUBE gemessen	TRAUBE berechnet	JOHNSEN gemessen	JOHNSEN berechnet
$000\bar{1} : \bar{1}011$	46° 21′	46° 18′	45° 59′ *	—
$000\bar{1} : 0\bar{2}21$	64 24	64 27	64 15	64° 13′
$0001 : 44\bar{8}3$	—	—	67 16	67 18
$02\bar{2}1 : 2\bar{2}01$	102 39	102 46½	—	—
$10\bar{1}1 : 0\bar{2}21$	51 18	51 23½	—	—
$02\bar{2}1 : 44\bar{8}3$	27 14	27 33	—	—

[1] Handb. I. p. 409. 1881.

Digitized by Google

Die Substanz ist optisch einachsig negativ. Die Dichte ergab sich in Methylenjodid D = 2,009. Schon bei 30° C. beschleunigt sich die Wasserverdampfung des leicht verwitternden Körpers derart, daß pyroelektrische Versuche mißlangen.

Einige Kristalle bildeten nun Zwillinge nach (11$\bar{2}$0) wie Pyrargyrit, die keine Symmetrieebene besitzen. Die Verwachsung erfolgt bald nach (000$\bar{1}$), bald ungefähr nach (0001) (Fig. 5 und 6).

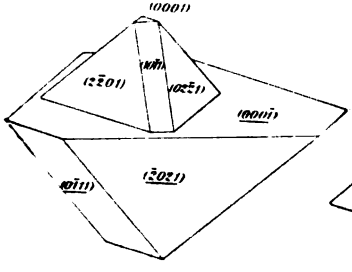


Fig. 5.

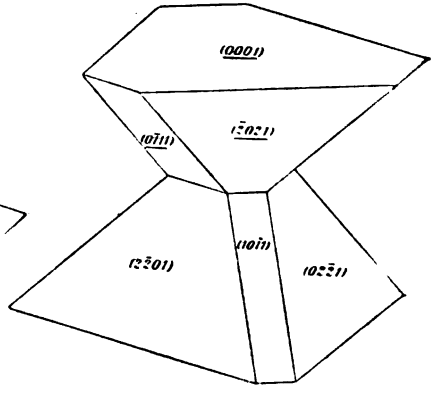


Fig. 6.

Winkel	gemessen	berechnet
0001 : 000$\bar{1}$	179° 50′	180° 0′
0001 : 10$\bar{1}$1	45 44	45 59
0001 : 02$\bar{2}$1	64 23	64 13

Saures Magnesiumtartrat.

$Mg(H_5C_4O_6)_2 . 4H_2O$.

Dulk[1] hat gelegentlich der Darstellung weinsaurer Salze $MgCO_3$ im Überschuß mit Weinsteinsäure versetzt, erwärmt und filtriert; beim Erkalten kristallisierte schwer lösliches neutrales Tartrat. Wurde $MgCO_3$ mit Weinsäure im Überschuß versetzt, so schied sich infolge freiwilliger Verdunstung leichter lösliches saures Tartrat als kristalline Kruste ab.

Soweit können Dulk's Angaben hier bestätigt werden,

[1] Annalen der Pharmazie (Liebig). 2. 59. 1832.

Digitized by Google

seine Kristallwasserbestimmungen dagegen erwiesen sich als unrichtig[1].

Meine Analysen ergaben:

1. Neutrales Tartrat.

Abgewogenes Pulver . . .	0,3203 g,	
gewogen $Mg_2P_2O_7$	0,1373 „	
daraus berechnet MgO . .	0,0495 „	
mithin MgO	15,45 %	gefunden,
MgO	15,26 „	berechnet für $MgC_4H_4O_6 . 5H_2O$,
MgO	16,39 „	„ „ $MgC_4H_4O_6 . 4H_2O$,
MgO	14,29 „	„ „ $MgC_4H_4O_6 . 6H_2O$.

Die Substanz ist also $MgC_4H_4O_6 . 5H_2O$.

Der MgO-Überschuß der Analyse erklärt sich aus der sehr großen Verwitterbarkeit des Körpers.

Dulk gab an $MgC_4H_4O_6 . 4H_2O$.

2. Saures Tartrat.

	I.	II.
Abgewogenes Pulver	0,5008 g,	0,3019 g,
gewogen $Mg_2P_2O_7$	0,1410 „	0,0852 „
daraus berechnet MgO	0,0508 „	0,0307 „
mithin gefunden MgO	10,14 %,	10,14 %.
für $Mg(H_5C_4O_6)_2 . 4H_2O$ berechnet . . .	10,15 „	
„ $Mg(H_5C_4O_6)_2 . 3H_2O$ „ . . .	10,64 „	
„ $Mg(H_5C_4O_6)_2 . 5H_2O$ „ . . .	9,71 „	

Die Substanz ist also $Mg(C_4H_5O_6)_2 . 4H_2O$.

Dulk gab an, $Mg(C_4H_5O_6)_2$ besitze kein Kristallwasser.

Faßt man das saure Tartrat als Doppelsalz von 1 Mol. neutralen Salzes + 1 Mol. Weinsäure auf, so ergibt sich aus approximativen Löslichkeitsbestimmungen beistehendes Diagramm der 16°-Isotherme (Fig. 7). Bei Benetzung des sauren Tartrats mit Wasser fällt neutrales Salz aus. Da die Doppelsalzkurve sehr kurz ist, wird man sie durch Einengung der ungesättigten Lösung meist nicht durchschneiden; es empfiehlt sich, von der Seite des neutralen Salzes her an sie heranzukommen, da die gleichzeitige Abscheidung des schwer löslichen Neutralsalzes das saure Salz nicht so sehr verunreinigt als im anderen Fall die leicht lösliche Weinsäure. Freilich

[1] Es dürften in dieser Hinsicht auch die anderen Tartrate nachgeprüft werden.

Digitized by Google

hat man nun zwecks genügender Ausbeute mit sehr großen Lösungsmengen zu arbeiten.

Das von Mayer[1] aus NH_4Cl- und NH_3-haltiger Lösung dargestellte, chemisch sehr interessante basische oder (wenn man die Weinsäure als 4basisch auffaßt) neutrale Tartrat $MgH_4C_4O_6 . Mg(OH)_2 = Mg_2H_2C_4O_6 . 2H_2O$ konnte nicht erhalten werden.

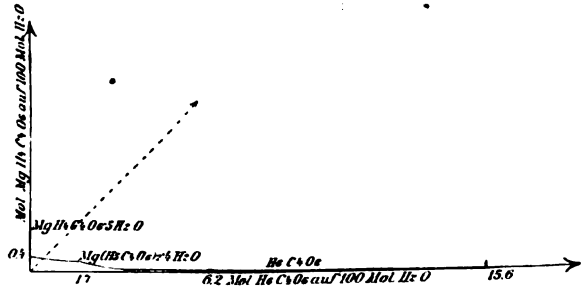


Fig. 7.

Die Kristallformen obiger zwei Tartrate waren bisher nicht untersucht[2] worden.

1. $MgC_4H_4O_6 . 5H_2O$.

Monoklin-hemimorph.

Achsenverhältnis: $\dot{a} : \dot{b} : \dot{c} = 1{,}29266 : 1 : 0{,}88254$: $\beta = 81^\circ 32'$.

Beobachtete Formen: {001}, {100}, {101}, {231}, {231}, {231}, {231}, {031}.

Winkel	gemessen	berechnet
001 : 101	31° 32′ *	—
001 : 031	69 6 *	—
100 : 101	49 48	50° 0′
100 : 031	87 30	86 59
100 : 23$\bar{1}$	65 47	66 29
231 : 23$\bar{1}$	70 21	69 14
23$\bar{1}$: $\bar{2}$31	62 23	61 52

[1] Ann. d. Chem. u. Pharm. **101**. 166. 1857.

[2] Andere der Dulk'schen Tartrate wurden von F. E. Neumann kristallographisch kurz beschrieben.

Digitized by Google

Die Reflexe waren so vielfältig und verwaschen, daß trotz wiederholter Messungen an 8 Kristallen genauere Winkelwerte nicht erhalten werden konnten.

Ausbildung ungefähr isometrisch, häufig durch das Auftreten von {031} hemimorph.

Deutliche Pyroelektrizität: $+\dot{b}$ ist antiloger Pol.

Optische Achsenebene // {010}; in Luft tritt eine optische Achse auf (100) schräg nach oben innerhalb des Gesichtsfeldes (Fuess' Mikroskop mit weitem Gesichtsfeld, Obj. 7) aus, die andere auf (001) nach hinten außerhalb des Gesichtsfeldes.

Dichtigkeit D = 1,67 in Methylenjodid bestimmt.

2. $Mg(C_4H_5O_6)_2 . 4H_2O$.

Rhombisch-hemiedrisch.

Achsenverhältnis: ă : b : c = 0,94818 : 1 : 1,69538.

Beobachtete Formen: {001}, {101}, {201}, {011}, {021}; {110} selten.

Winkel	gemessen	berechnet
001 : 101	60° 47′ *	—
001 : 011	59 28 *	
001 : 201	73 37	74° 23′
001 : 021	72 55	73 34
110 : 1$\bar{1}$0	86 45	86 58
110 : 101	—	50 43
110 : 011	—	53 39
101 : 011	—	75 39
201 : 021	84 33	85 38

Die Reflexe waren infolge von stets vorhandenen subparallelen Verwachsungen sowie von inniger Zwillingsbildung sehr schlecht. Ausbildung isometrisch, Hemiedrie nie sichtbar (Fig. 8).

Das spez. Gewicht ergab sich in Methylenjodid D = 1,72.

Spaltbarkeit nach {001} vollkommen.

Optische Achsenebene // {010}, c // $\dot{c}$, Doppelbrechung positiv, Achsenwinkel ziemlich klein. Messung der Brechungsindizes gelang infolge der Verwachsungen nicht.

Die Kristalle sind vielfach von Zwillingslamellen // (110) und // (1$\bar{1}$0) durchsetzt, was besonders gut in basischen Spaltungsblättchen u. d. M. hervortritt; hier kreuzen sich die beiden Systeme unter einem Winkel von 93½° um ă, ebenso

Digitized by Google

sind die optischen Achsenebenen in Hauptkristall und Zwillingspartie ungefähr rechtwinkelig gekreuzt. In beistehender Fig. 9 sind die Abweichungen von tetragonaler Symmetrie übertrieben.

Die Flächenbegrenzung der Lamellen ist diejenige, die durch einfache Schiebungen nach $k_1 = (110)$, $k_2 = (1\bar{1}0)$ herbeigeführt werden würde. Und in der Tat geht die Substanz derartige Schiebungen infolge von Pressung sehr leicht ein.

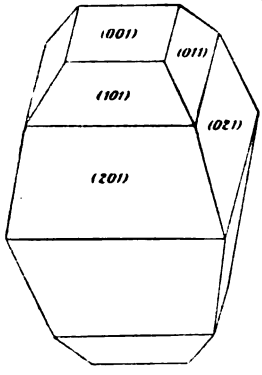


Fig. 8.

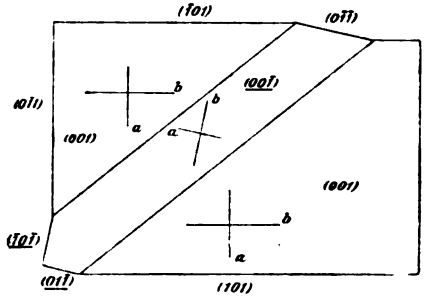


Fig. 9.

Größe der Schiebung . . . . . $s = 0{,}10598$
Verhältnis der Schiebung . . . $\sigma = 1{,}05439$
Schema der Flächenveränderung . . $h' : k' : l' = k : h : -l$.

	Winkel	gem.			ber.	
Spaltungsfläche	$001 : 00\bar{1}$	0°	0′		0°	0′
	$011 : 10\bar{1}$	2	59	(im Sinne von (111), Zone $[1\bar{1}1]$)	2	52 (ebenso),
angeschliffen	$1\bar{1}0 : \bar{1}10$	6	17	(„ „ „ (010))	6	4 („).

Die sekundären Lamellen verhalten sich in basischen Spaltungsblättchen u. d. M. genau so wie die primären. Diese Schiebungen entsprechen hinsichtlich der Flächenveränderung denen, die Mügge am Anhydrit und am Maleïnsäureanhydrid bekannt[1] gemacht hat; das unten zu beschreibende Nickelammoniumchlorid ist ebenfalls derartiger Schiebungen (und zwar mit ausgesprochen tetragonalem Charakter) fähig. Wiederholte Versuche, solche Schiebungen an den ebenfalls pseudo-

[1] Mügge vermutet sie auch am Baryt, entsprechend den Zwillingslamellen nach {110}.

Digitized by Google

tetragonalen Körpern Bittersalz und Natrolith zu erzeugen, mißlangen.

Man ist mehrfach, so z. B. Voigt[1] infolge von Beobachtungen über die Schiebungen am Kalkspat, zu der Vermutung gelangt, es seien mit der physikalischen Deformation gewisse chemische — vielleicht nur vorübergehende — Änderungen verknüpft. Eine dauernde Änderung würde nach meiner Ansicht die Deformation zu einer inhomogenen machen und bedeuten, daß z. B. ein vollkommen in Zwillingsstellung übergeführter Kristall nicht mehr identisch mit dem ursprünglichen wäre, was im allgemeinen wohl wenig Wahrscheinlichkeit hat. An obigem Rechtstartrat aber könnten solche die Deformation begleitenden inneren Prozesse zu einem 2. stabilen und daher dauernden chemischen Zustand führen, es könnte nämlich der Kristall in sein Spiegelbild, die Substanz also in die optisch isomere übergeführt werden. Dann und nur dann werden die auf (001) und ($\underline{001}$) erhaltenen Ätzfiguren symmetrisch zur Gleitflächentrace liegen; es gelang jedoch nicht, typische Ätzfiguren herzustellen. Nun müßten dann aber ferner die deformierten Teile in Lösung entgegengesetzten Drehungssinn zeigen und, da die Schiebungen sehr leicht vor sich gehen, beim Pulverisieren die halbe Masse in Linkstartrat übergehen, so daß eine inaktive (traubensaure) Lösung entstände.

Zur Entscheidung wurden zwei Portionen, 0,246 g unversehrte Kristalle und ebensoviel feinstes Pulver, jede für sich gelöst. Als Lösungsmittel benutzte ich, um das Ausfallen von neutralem Tartrat zu vermeiden, in beiden Fällen 25 cm³ einer $\frac{1}{50}$ gesättigten (16° C.) Lösung von Rechtsweinsäure. Letztere drehte in 20 cm langer Säule die Polarisationsebene des Natriumlichtes im Polaristrobometer um 0° 20′ nach rechts, diejenige des pulverisierten Tartrates um 0° 52′ ebenfalls nach rechts, diejenige des nicht pulverisierten um 0° 51′; Differenz der Einzelablesungen $\lesseqgtr 2'$. Beide Präparate vergrößerten also den Drehungswinkel der Rechtsweinsäure um den gleichen und gleichsinnigen Betrag von etwa 0,5°.

[1] Göttinger Nachrichten. p. 150. 1898.

Digitized by Google

Es findet demnach eine Zustandsänderung der fraglichen Art nicht statt — wohl auch nicht vorübergehend, da die Linksweinsäure ebenso beständig ist wie die Rechtsweinsäure. Jedoch bleibt es denkbar, daß sich unser pseudotetragonales Tartrat im Gefolge der Schiebungen bei höherer Temperatur in eine tetragonale Modifikation und hierbei nun gleichzeitig in Uvat umwandelt[1]. Es gelang aber leider auch mittels geschlossenen Röhrchens nicht, einen Umwandlungspunkt zu verifizieren, vielmehr trat beim Erhitzen sehr bald Zersetzung des Hydrates ein. Vielleicht gelingt ein derartiges Experiment an der von Pope[2] beschriebenen rhombischen (pseudohexagonalen) Transcamphotricarbonsäure oder an dem von Kipping und Pope[3] untersuchten ebenfalls rhombisch-pseudohexagonalen bromkampfersulfonsauren Zink, die beide optisch aktive Lösungen liefern.

Carnallit.

$KCl . MgCl_2 . 6H_2O$.

Die Carnallitkristalle einer Staßfurter Stufe zeigten folgende Formen: {001}, {110}, {201}, {021}, {041}, {043}, {221}, {223}. Zwillingsbildung, bisher nie beobachtet, war auch an dieser Stufe primär nicht vorhanden. Kleine Fragmente verhielten sich zwischen gekreuzten Nicols vollkommen einheitlich, gingen aber beim Pressen einfache Schiebungen ein. Die entstandenen Lamellen ziehen auf (001) // den Tracen von (110) und ($1\bar{1}0$) hin und löschen vollkommen aus. Dünn geschliffene basische Platten ließen erkennen, daß sich die gleichnamigen optischen Elastizitätsachsen (c // ă, b // b̆) unter ca. 60° kreuzen, welcher Winkel von der Längsrichtung der Lamellen halbiert wird (Fig. 10).

Unter Benutzung des Hessenberg'schen Achsenverhält-

[1] Die Vermutung solcher mit der physikalischen Umlagerung Hand in Hand gehender chemischer Veränderungen wird besonders gut durch Raumgittervorstellungen illustriert; so enthält z. B. die Überführung eines rhombischen Aragonitgitters in ein rhomboedrisches Kalkspatgitter auch Verschiebungen // $\frac{1}{2}$c, aus denen Molekülzerspaltungen gefolgert werden könnten.

[2] Zeitschr. f. Krist. **25**. 265. 1895.

[3] Zeitschr. f. Krist. **27**. 413. 1896.

Digitized by Google

nisses und unter Annahme von Schiebungen des Aragonittypus nach (110) berechnet sich:

$001 : \underline{00\bar{1}} = 0°0'$ gem. $= 0°\ 0'$

angeschliffen) $1\bar{1}0 : \underline{010} = 2\ 4\frac{1}{2}$ (Einfallen der Lamellenoberfläche im Sinne von (100)) gem. $= 1\ 35$ (im gleichen Sinne).

In beistehender Fig. 10 ist die Abweichung von hexagonaler Symmetrie übertrieben.

Infolge der Hygroskopizität der Substanz und des spärlichen Materials unterblieben weitere Messungen, auch dürften die obigen Daten zur Feststellung dessen, was von vornherein das Wahrscheinlichste war, ausreichen.

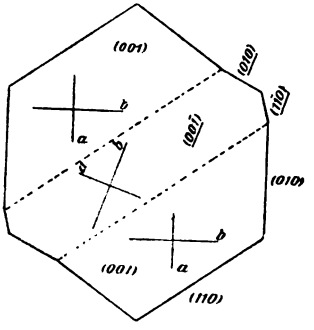


Fig. 10.

$K_1 = (110), K_2 = (1\bar{3}0)$, Ebene der Schiebung $= (001)$. Die Schiebung der Außenschicht (110) erfolgt von links nach rechts.

Größe der Schiebung . . $s = 0{,}04804$ (Aragonit hat nach Mügge $s = 0{,}1303$)
Verhältnis der Schiebung $\sigma = 1{,}02431$ („ „ „ „ $\sigma = 1{,}0673$)
Schema der Flächenveränderung für Schiebung nach (110):
$h' : k' : l' = (h + k) : (3h - k) : -2l.$

Um einen etwaigen Umwandlungspunkt zu verwirklichen, wurde ein Plättchen nach (001) unter das Lehmann'sche Mikroskop gebracht; bei etwa 38° C. erfolgte bereits Zersetzung, ohne daß sich zuvor Lamellen gebildet hatten.

Nun wurde eine Platte in ein Röhrchen von 0,45 cm^3 eingeschmolzen, sie wog 0,1 g; hieraus und aus der Dichtigkeit D = 1,60 ergibt sich ein Volumen 0,055 cm^3, so daß ca. 0,4 cm^3 des Röhrchens frei blieben. Die 40 % H_2O des Carnallit ergeben 0,04 g, obiger Raum erfordert aber — die Dichte des bei 70° gesättigten H_2O-Dampfes D = 0,00028 gesetzt — zur Sättigung bei 70° nur 0,0001 g H_2O. Diese Dampfmenge wird — selbst wenn sich nur eine der $6H_2O$-Molekeln abspaltet — bereits von einem sehr kleinen Bruchteil ($\frac{1}{70}$ ca.) unserer Platte geliefert. Es konnte also unter obigen Bedingungen die Temperatur weit über 100° C. steigen, ohne daß weitgehende Dehydratation möglich war. Der Versuch

Digitized by Google

endete dadurch, daß der Carnallit bei 70° in seinem Kristallwasser schmolz; hieraus folgt übrigens, daß die Dampftension des Carnallit bei 70° größer als diejenige seiner gesättigten Lösung ist.

Zwillingslamellen waren nicht entstanden.

Nickelammoniumchlorid.

$NiCl_2 . NH_4Cl . 6H_2O$.

Dieses Doppelsalz (chem. Analyse vergl. dies. Jahrb. 1903. II. p. 107) scheidet sich, wie beistehendes Diagramm der 18°-Isotherme (Fig. 11) zeigt, aus Lösungen ab, die mehr $NiCl_2$-

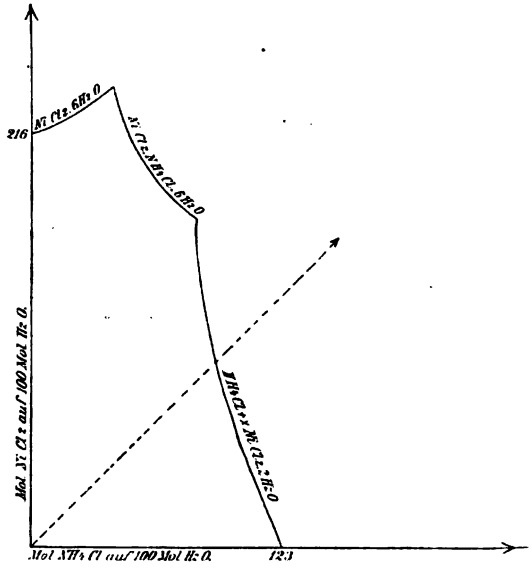


Fig. 11.

Molekeln als NH_4Cl-Molekeln enthalten; die Substanz veranlaßt als Bodenkörper in Wasser so lange die Ausscheidung der $NiCl_2 . 2H_2O$-haltigen gelben Salmiakwürfel, bis der figurative Punkt der Lösung nach C hingewandert ist; bei nunmehriger Verdunstung kristallisiert Doppelsalz unter Resorption der Mischkristalle aus. Für die Züchtung der Kristalle ist es günstiger, von dem $NiCl_2$-Ast als von dem NH_4Cl-Ast an die Doppelsalzkurve heranzugehen, da der Punkt D weniger flächenarme Exemplare liefert als C. Die Substanz zieht

Digitized by Google

Wasser aus der Luft an, und sofort fallen Mischkriställchen aus, die einen matten (nicht orientierten) Überzug bilden, worauf goniometrische Messungen nicht mehr angestellt werden können. Möglichst schnelles Arbeiten in möglichst trockener Luft und Benützung einer großen Anzahl von Kristallen (an einem und demselben konnten immer nur höchstens 3 Winkel genau gemessen werden) hatte Sicherstellung der bisher fraglichen rhombischen Symmetrie, der l. c. beschriebenen sowie neuer Zwillingsgesetze zur Folge.

Kristallsystem: Rhombisch.

Achsenverhältnis: $\breve{a} : \dot{b} : \dot{c} = 0{,}97586 : 1 : 0{,}68672$.

Beobachtete Formen: {001}, {110}. zuweilen und klein {010}, {111}.

Winkel	gemessen	berechnet
001 : 110	90° ± 3′	90° 0′
110 : 1$\bar{1}$0	88 36 *	—
001 : 111	44 31 *	—
010 : 110	45 40	45 42
110 : 1$\bar{1}$1	89 14	89 1
111 : 1$\bar{1}$1	—	60 14

Die rein grün gefärbten Kristalle sind meist würfelig nach {001} und {110} oder tafelig nach einer dieser Flächen. Die Substanz ist pseudoregulär, es entspricht {001} + {110}: ∞O∞, {010} + {100} + {111}: ∞O, {201} + {021}: O, {101} + {011}: 2O2 etc.

Das spezifische Gewicht ergab sich in Methylenjodid D = 1,645.

Optische Achsenebene // 001; ă = a.

Optischer Achsenwinkel $2H_a = 88° 35'$ um ă, beobachtet durch {110}, für Na- und Tl-Licht scheinbar gleich.

Eine Abweichung der optischen Achsen von den Prismennormalen war nicht festzustellen, der optische Charakter bleibt also zweifelhaft. Wiederholte Versuche, die drei Hauptbrechungsindizes für Na-Licht mittels Totalreflexion an polierten basischen Platten zu ermitteln, schlugen fehl.

Zwillinge.

1. Zwillingsebene (201). Durchkreuzungszwillinge mit unregelmäßiger Grenze, ähnlich denen des Flußspats.

Digitized by Google

Winkel	gemessen	berechnet
$001 : 00\bar{1}$	70° 53′	70° 48′
$001 : \underline{110}$	47 40	47 29

Die Messungen wurden an 5 Exemplaren ausgeführt. Da sich für Zwillingsbildung nach (101) $\measuredangle$ (001) : $(\underline{00\bar{1}})$ = 70° 16′ ergibt, so erscheint dieses Gesetz nicht verwirklicht; auch Zwillinge nach (021) oder nach (011) wurden nicht beobachtet, indem stets $\underline{\breve{a}}$ und $\underline{\breve{a}}$, nie $\underline{\bar{b}}$ und $\underline{\bar{b}}$ symmetrisch lagen; für diese beiderlei Verwachsungen würde $\measuredangle$ (001) : $(\underline{0\bar{1}0})$ = 72° 8′ bezw. $\measuredangle$ (001) : $(\underline{00\bar{1}})$ = 68° 58′ betragen, also beträchtlicher als obige Winkel vom Oktaederwerte abweichen.

2. Zwillingsebene (110) (Fig. 12 und 13).

a) Natürliche Lamellen.

Winkel	gemessen	berechnet
$1\bar{1}0 : \underline{\bar{1}10}$	2° 39′	2° 48′
$001 : \underline{00\bar{1}}$	0 0	0 0

Zwillingsebene = Zusammensetzungsfläche; auf (001) findet man zwischen gekreuzten Nicols $\mathfrak{a} : \mathfrak{c} = 1\frac{1}{2}°$ gem., $= 1° 24′$ ber.

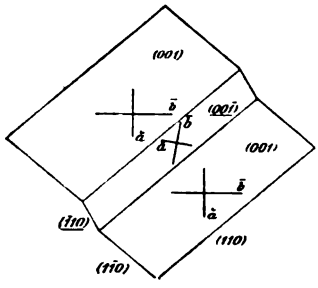


Fig. 12.

Diese annähernd senkrechte Kreuzung gleichnamiger Elastizitätsachsen erklärt die folgende Erscheinung. Legt man einen von Lamellen nach (110) durchsetzten Kristall mittels Wachs mit (1$\bar{1}$0) auf den Objektträger, kippt ihn um etwa 10° um $\dot{\mathfrak{c}}$ und benetzt ihn mit Öl, so beobachtet man im konvergenten Licht an den lamellierten Stellen die optische Achse von einem beträchtlich weiteren Ringsystem umgeben als anderswo, das aber im übrigen scheinbar ganz normal ist (s. Fig. 13).

b) Künstliche Lamellen.

Winkel	gemessen	berechnet
$1\bar{1}0 : \underline{\bar{1}10}$	2° 32′	2° 48′
$001 : \underline{00\bar{1}}$	0 0	0 0

Man erhält diese Lamellen infolge einfacher Schiebungen leicht durch Pressen. $K_1 = (110)$, $K_2 = (1\bar{1}0)$ resp. umgekehrt.

Digitized by Google

Das Verhältnis der Schiebung ist $\sigma = 1{,}02474$, die Größe $s = 0{,}04888$. Schema der Flächenveränderung:

$$h' : k' : l' = k : h : -l.$$

3. Zwillingsebene (111) (Fig. 13).

a) Natürliche Lamellen.

Winkel	gemessen	berechnet
001 : 110	1° 4′	0°58′
110 : 001	1 7	0 58
1$\bar{1}$0 : $\bar{1}$10	1 47	1 58

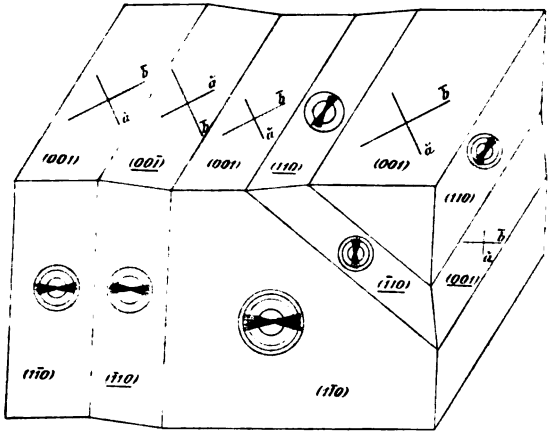


Fig. 13.

b) Künstliche Lamellen.

Winkel	gemessen	berechnet
001 : 110	0°54′	0°58′
110 : 001	0 50	0 58
1$\bar{1}$0 : $\bar{1}$10	1 40	1 58

Man erhält die Lamellen infolge einfacher Schiebungen durch Pressen, und zwar wohl annähernd durch die gleiche Druckgröße wie diejenigen nach (110); daß letztere häufiger entstehen, beruht wohl wesentlich darauf, daß die Schiebungsrichtung für $K_1 = \{110\}$ nahezu der Normalen der außer $\{001\}$ einzigen großen Kristallflächen $\{110\}$ entspricht, diejenige für $K_1 = \{111\}$ aber 45° gegen dieselben neigt; da übrigens die Schiebungsrichtungen für $K_1 = (110)$ bezw. $K_1 = (111)$ dem Sinne nach nur 43° voneinander abweichen, so entstehen beiderlei Lamellenarten nicht selten infolge einer und der-

Digitized by Google

selben Pressung gleichzeitig. $K_1 = (111)$, $\sigma_2 = [112]$, σ_1 und K_2 sind irrational. Reziproke Schiebungen wurden nicht erhalten, sie wären infolge der Lage von K_2 ohne weiteres von den obigen zu unterscheiden gewesen.

$K_1 : K_2 = 88°35'$ berechnet.
$K_2 : (001) = 60\ 17$ „
$K_2 : (\bar{1}\bar{1}1) = 46\ 58$ „

K_2 liegt also in der Zone [112] zwischen (021) und (1$\bar{1}$0): σ_1 : [111 : 001] in (111) = 43° 1′ nach rechts abwärts geneigt, die Schiebung erfolgt nach links aufwärts.

Verhältnis der Schiebung $\sigma = 1{,}02505$, Größe der Schiebung $s = 0{,}04946$. Diese Beträge sind denen der vorherigen Schiebung sehr ähnlich. Transformationsschema:

$$h' : k' : l' = -(h - k - 2l) : (h - k + 2l) : (h + k).$$

Die Flächenbegrenzung der natürlichen Lamellen ist derjenigen der künstlichen gleich, auch das übrige Verhalten stimmt genau überein.

U. d. M. ziehen die Tracen der Lamellen nach (111) auf (001) // [1$\bar{1}$0] hin und liefern den fast genau normalen Austritt einer optischen Achse; die Ringe sind sehr weit, da die Lamellen ca. 45° gegen die Horizontale neigen, und samt dem Barren in den zwei Hauptlagen scheinbar ungestört. Die Orientierung des Barrens ergibt: optische Achsenebene // [1$\bar{1}$0]. Die Lamellentracen auf (110) ziehen ebenfalls // [1$\bar{1}$0] hin und löschen ungefähr diagonal zu dem quadratisch gedachten Umriß von (110) aus, wobei a von rechts oben nach links unten, c von links oben nach rechts unten zieht. Auf (1$\bar{1}$0) ist nichts von den Lamellen zu sehen, da (1$\bar{1}$0) seinen Charakter und daher den annähernd normalen Achsenaustritt nebst dem Fehlen deutlicher Auslöschungsrichtungen beibehält; schleift man aber eine Platte ein wenig schräg zu (1$\bar{1}$0), so zeigt sie in Öl die Lamellenspuren nahezu 45° gegen [110] von links oben nach rechts unten hinziehend und im konvergenten Licht läuft der Achsenbarren in den 90°-Lagen an den lamellierten Stellen, wie zu erwarten, ca. // [001] anstatt ⊥ [001]. Alles dieses ist in beistehender Fig. 13 in größerer Abweichung von regulärer Symmetrie dargestellt.

Die Schiebungen nach (110) lassen sich als analog den am sauren Magnesiumtartrat beschriebenen (Anhydrit-Typus),

Digitized by Google

diejenigen nach (111) aber als ähnlich denen des Carnallit auffassen (Aragonit-Typus), denn man findet $K_1 : K_1' = (111) : (1\bar{1}1) = 60^0\,14'$, und transformiert man das Achsensystem auf die drei Ebenen (100), (010), (201), so ergibt sich $K_1 = (111)$, $\sigma_2 = [310]$; dementsprechend ändert auch (201) seinen Charakter im Gefolge der Schiebungen nicht.

Die Substanz erlangt durch die obigen Zwillingsbildungen im Verein mit den 3 rhombischen Symmetrieebenen sämtliche $3 + 6$ Symmetrieebenen der regulären Holoedrie und ähnelt so dem Kryolith, der nach Mügge pseudoreguläre Zwillinge nach (110), (112) und (11$\bar{2}$) sowie überdies nach (001) bildet; auch der Staurolith erscheint verwandt, an ihm entspricht $\{100\} + \{032\} : \infty O \infty$, $\{001\} + \{010\} + \{232\} : \infty O$, $\{130\} + \{103\} : O$ etc. Während aber unsere Substanz Zwillinge nach Pseudooktaederflächen $\{201\}$ bildet, tritt am Staurolith Verwachsung nach Pseudoleucitoederflächen $\{232\}$ auf.

Eine Umwandlung des Nickelammonchlorids konnte nicht erzielt werden.

Nickelnatriumuranylacetat.

$$NiNa(UO_2)_3(CH_3COO)_9 . 9H_2O.$$

Nachdem Rammelsberg[1] gelegentlich seiner Untersuchungen über mehrfache Uranylacetate $NaCu(UO_2)_3(CH_3COO)_9 . 9H_2O$ aus identischer Lösung gewonnen und als rhomboedrisch beschrieben hatte, teilte Streng[2] mit, daß analoge Verbindungen von ähnlicher Form aus Lösungen kristallisieren, die statt Cu enthalten: Co, Ni, Fe, Mn oder Zn; diesen fügte Behrens[3] noch Cd, Mg, Be zu[4].

Die chemische Analogie und die Isomorphie aller dieser Körper wurde in der Folge von Erb (dies. Jahrb. Beil.-Bd. VI. 1889. p. 119) nachgewiesen, welcher für rhombische Symmetrie und Viellingsbildung nach $\{110\}$ und $\{130\}$ als Verwachsungsebenen eintrat, gleichzeitig aber von optischen Anomalien als Folgen „innerer Spannungen“ sprach. Im übrigen erhielt Erb

[1] Sitz.-Ber. k. Akad. d. Wiss. Berlin. **38**. 884. 1884. II.

[2] Ber. d. oberhess. Ges. f. Natur- u. Heilkunde. **24**. 56. 1885.

[3] Anleitung zur mikrochemischen Analyse. p. 33. 1895.

[4] Wegen des außerordentlich geringen Na-Gehaltes (ca. 1 %) eignen sich diese Körper besonders gut zum Nachweis jenes Elementes.

Digitized by Google

auch sekundäre Lamellen infolge des beim Schleifen ausgeübten Druckes (ähnlich wie Linck am Kalkspat). Brauns[1] schließt sich Erb's Folgerungen an und bildet dreieckige, scheinbar gleichseitige Ätzfiguren auf (001) ab, aus deren Gestalt und Orientierung man übrigens schon damals hätte schließen können, daß das {010} der vermeintlich rhombischen Kristalle ein {h o l} einer monoklinen Substanz ist. Diese Symmetrie wurde denn auch später von Wyrouboff[2] durch genauere goniometrische Messungen festgestellt.

Schwarz[3] bestimmte die Umwandlungstemperaturen, bei denen obige Körper in rhomboedrische Modifikationen übergehen; er fand für das Cu-Salz T = 93,8°, Co-Salz 73,1° bis 73,0°, Ni-Salz 88,8° C.

Zum Zweck möglichst vollständiger Literaturangabe mögen noch Spekulationen von Wallerant[4] Erwähnung finden, der jene Substanzen für rhomboedrische Kristalle ausgibt, deren 3 Symmetrieebenen ein wenig von 60° abweichende Winkel einschlößen.

Da auch von Wyrouboff die primären Zwillinge unrichtig gedeutet, die sekundären aber überhaupt noch nicht untersucht wurden, so erschien ein genaueres Studium wünschenswert; eine gütige Anregung dazu verdanke ich Herrn Prof. Mügge.

Zur Untersuchung diente das Nickelsalz, das besonders gut zu kristallisieren scheint; es wurde durch Abkühlung einer bei 30° gesättigten Lösung (von der Zusammensetzung der Substanz, 1 g Na-acetat-3fachhydrat + 2 g Ni-acetat-4fachhydrat + 12 g U-acetat-2fachhydrat) auf Zimmertemperatur erhalten.

Monoklin holoedrisch.

Achsenverhältnis: $\dot{a} : \dot{b} : \dot{c} = 0{,}53614 : 1 : 1{,}00139$, $\beta = 89°48'$ (0,5302 : 1 : 0,9998, $\beta = 89°47'$ Wyrouboff[5]).

[1] Die optischen Anomalien. p. 116. 1891.

[2] Bull. soc. franç. minér. **24**. 101. 1901.

[3] Umkehrbare Umwandlungen polymorpher Körper. p. 47. Preisschrift Göttingen 1892.

[4] Bull. soc. franç. minér. **27**. 179. 1904.

[5] Übrigens ergibt sich aus den von Wyrouboff zur Berechnung benutzten Winkelwerten $\dot{c} = 0{,}53455$ statt 0,5302, also weit besser mit unserem Werte 0,53614 übereinstimmend; die übrigen Berechnungen Wyrouboff's wurden nicht kontrolliert.

Digitized by Google

Beobachtete Formen: {001}, {010} (selten, klein), {101}, {$\bar{1}$02}, {021}, {134}, {$\bar{1}$32}; Wyrouboff gibt noch {110}, {111}, {$\bar{1}$11}, {131} an. Gemessen wurden 10 Kristalle, die Reflexe waren recht gut.

Winkel	Johnsen		Wyrouboff	
	gemessen	berechnet	gemessen	berechnet
001 : 101	61°41′*	—	61°42′	—
001 : $\bar{1}$02	43 8 *	—	43 14	—
101 : $\bar{1}$02	75 13	75°11′	—	—
001 : 021	63 28 *	—	63 36	—
001 : 110	—	89 49½	—	—
001 : 130	—	89 53¾	—	—
110 : 1$\bar{1}$0	—	56 24	—	—
130 : $\bar{1}$30	—	63 44	—	—
130 : 101	—	62 15	—	—
110 : 10$\bar{2}$	—	53 6¼	—	—
001 : 111	—	—	64 40	64°41′
001 : $\bar{1}$11	—	—	64 50	64 57
001 : 131	—	74 13	74 0	74 6
001 : 134	41 24	41 29	41 22	41 27
001 : $\bar{1}$32	60 35½	60 31	60 28	60 36
$\bar{1}$02 : $\bar{1}$32	47 40	47 40	—	—
$\bar{1}$02 : 134	72 0	72 5	—	—
101 : 13$\bar{2}$	80 10	80 9	—	—
021 : $\bar{1}$32	28 12	28 12	—	—
021 : $\bar{1}$34	80 27	80 17	—	—
110 : 134	—	54 48½	—	—
110 : 1$\bar{3}$4	—	87 26	—	—
110 : 1$\bar{3}$2	—	86 53	—	—
134 : 1$\bar{3}$4	68 18	68 28	—	—
$\bar{1}$32 : 13$\bar{2}$	—	84 40	—	—
134 : 132	78 ¼	78 0	—	—
134 : $\bar{1}$32	51 27	51 24	—	—

Der Habitus war bald tafelig nach {001}, bald isometrisch, stets rhomboedrisch, wobei {$\bar{1}$02} und {134} bedeutend größer sind als {101} und {$\bar{1}$32}; Durchmesser 1—2 mm. Farbe grasgrün. Optisch $\overset{\perp}{b} = c$, $a : \overset{\perp}{c} = 74°$ im stumpfen $\measuredangle \beta$; Doppelbrechung negativ. $2H_o = 138°$ (Wyrouboff). Die Dichtigkeit ergab sich in Methylenjodid D = 2,354. Ziemlich häufig sind auf (001) dreieckige Ätzfiguren, scheinbar gleichseitig, mit einer Spitze nach ($\bar{1}$02) zeigend.

Außer den einfachen Kristallen bildeten sich — besonders bei etwas schnellerer Abkühlung — Viellingskomplexe von

Digitized by Google

ebenfalls rhomboedrischem Habitus; 001 erscheint zwischen gekreuzten Nicols in 12 Felder geteilt, die sich längs den (virtuellen) Tracen von {110}, {130}, {010} und {100} gegenseitig abgrenzen; die gleichwertigen Auslöschungsrichtungen scheinen in je 4 gleichmäßig verteilten Sektoren parallel zu verlaufen, so daß nur 3 Orientierungen hervortreten. Hier und da ziehen auch einige Lamellen hin, die ebenfalls im Zentrum endigen, auch an sonst einfachen Kristallen sieht man zuweilen eine einzelne Lamelle vom Zentrum ausgehen. Längs den Verwachsungsgrenzen ist die Auslöschung unvollkommen, was auf eine geringe Neigung der Zusammensetzungs-

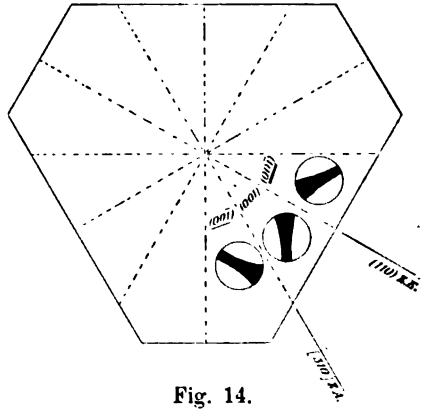


Fig. 14.

ebenen gegen die Normale von 001 hinweist. Die Ätzdreiecke setzen infolge ihres trigonalen Aussehens scheinbar ungestört über die Zwillingsgrenzen fort.

Fig. 14 zeigt den Aufbau und die Flächenbegrenzung der einen Basisfläche eines solchen Viellings, die andere geht aus ihr durch Inversion hervor. Durch Pressen erhält man nun infolge einfacher Schiebungen sehr leicht Zwillingslamellen, die durch den ganzen Kristall hindurchschießen und auf {001} ebenfalls // [110] und // [310] verlaufen; daß man die ersteren leichter erhält als die letzteren, scheint auch hier lediglich eine Folge des Kristallhabitus zu sein. Diese sekundären Lamellen, die nach den folgenden Messungen den Zwillingsgesetzen der natürlichen Verwachsungen gehorchen, besitzen die bemerkenswerte Eigentümlichkeit, nach Aufhebung

Digitized by Google

des Druckes sofort wieder zu verschwinden. Infolgedessen wurden die Kristalle behufs goniometrischer Messungen in parallel der Längsrichtung ein wenig aufgespaltene Streichhölzer geklemmt, die matt schwarz angetuscht worden waren. Der so zur Erzeugung und Fixierung der Lamellen ausgeübte Druck betrug ca. 10 Atmosphären pro 1 cm². Daß hierdurch tatsächlich der volle Schiebungsbetrag praktisch genau erreicht wurde, ergab sich aus der Übereinstimmung der an verschiedenen Individuen erhaltenen Messungsresultate untereinander und mit den an natürlichen Zwillingen gewonnenen,

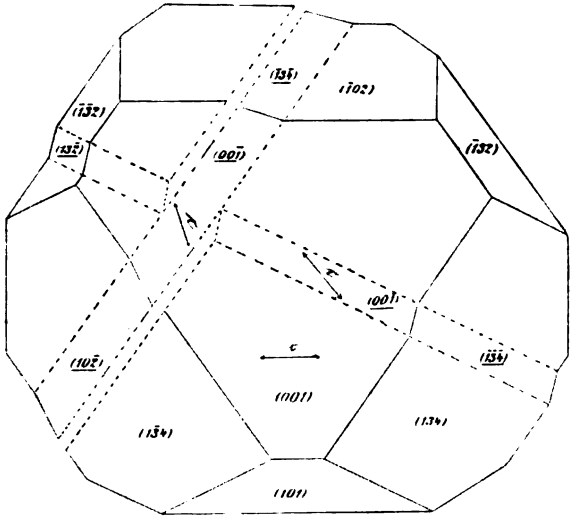


Fig. 15.

sowie daraus, daß jener Druck hinreichte, um natürliche Lamellen (während der Dauer des Druckes) zu beseitigen.

Übrigens gelang es nicht, durch Pressung Absonderungsflächen zu erhalten, welche uns die Lage der Gleitflächen unmittelbar liefern würden.

Die Winkelmessungen ergaben, daß es sich um reziproke Schiebungen nach $K_1 = (110)$ mit $\sigma_2 = [310]$ und irrationalem σ_1 und K_2 bezw. nach $\sigma_1' = [310]$ mit $K_2' = (110)$ und irrationalem σ_2' und K_1' handelt, denen ähnlich, die Mügge (dies. Jahrb. Beil.-Bd. IV. 1901. p. 246) an Leadhillit und an einem Calciumchloroaluminat feststellte (Fig. 15).

Digitized by Google

Verhältnis der Schiebung . . . . . $\sigma = 1{,}06633$
Größe der Schiebung . . . . . $s = 0{,}12851$.

$K_1 : K_2 = 86^\circ 19\frac{1}{2}'$.
$K_2 : (001) = 87\ 16$ im Sinne einer negativen Hemipyramide geneigt.
$\sigma_1 : [1\bar{1}0] = 2\ 43\frac{1}{2}$ nach rechts unten geneigt; die Schiebung erfolgt in (110) nach links oben, längs [310] nach rechts vorne.

$\overset{\frown}{K_2 : (001)}$ war bereits vor der goniometrischen Messung annähernd berechnet worden aus der Breite des Interferenzbandes einer Lamelle auf (001) (= 3 Teilstriche des Okularmikrometers) und dem Abstand von (001) und (00$\bar{1}$) (= 55 Teilstriche); er ergab sich in guter Übereinstimmung mit obigem Wert $= 86^\circ 53'$. Der Charakter von K_2 als einer (irrationalen) negativen Hemipyramide läßt sich übrigens von vornherein aus folgenden zwei eindeutigen Relationen ableiten:

$$\sphericalangle [110] : [1\bar{1}0] > 120^\circ,\ K_2 = (hkl),$$
$$\sphericalangle [110] : [1\bar{1}0] < 120\ ,\ K_2 = (\bar{h}kl).$$

Schemata der Flächenveränderung.

1. Für Schiebungen nach (110) oder nach [310]:
$$h' : k' : l' = (h + k) : (3h - k) : -2l.$$
2. Für Schiebungen nach (1$\bar{1}$0) oder nach [3$\bar{1}$0]:
$$h' : k' : l' = (h - k) : -(k + 3h) : -2l.$$

Messungen an künstlichen Zwillingen.

1. Lamellen nach (110).

Winkel	Neigung der Lamellenbegrenzung im Sinne von gemessen		berechnet
001 : 00$\bar{1}$[1]	0° 33′	($\bar{1}$11)	0° 21′
1$\bar{3}$4 : 1$\bar{3}$4	5 16½	(0$\bar{2}$1)	5 9
001 : 1$\bar{3}$4	41 29	—	41 30½

2. Lamellen nach [310].

Winkel	Neigung der Lamellenbegrenzung im Sinne von gemessen		berechnet
001 : 00$\bar{1}$	0° 0′	—	0° 0′
$\bar{1}$02 : 1$\bar{3}$4	4 11	($\bar{1}$3$\bar{2}$)	4 7
134 : $\bar{1}$02	4 0	(021)	4 7
1$\bar{3}$4 : 1$\bar{3}$4	0 0	—	0 0
13$\bar{2}$: 101	4 53	(0$\bar{2}$1)	5 2
001 : $\bar{1}$02	43 5½	—	43 8

[1] Die unterstrichenen Indizes sind stets diejenigen der Lamellenbegrenzung.

Digitized by Google

Messungen an natürlichen Viellingen.

Die Flächenbegrenzung entspricht derjenigen der künstlichen Zwillinge, ebenso der Neigungssinn.

1. Zwillingsebene = (110).

Winkel	gemessen	berechnet
001 : 00$\bar{1}$	0° 32′ (selten), 0° 0′ (häufig)	0° 21′
$\bar{1}$32 : $\bar{1}$32	6 30½ (Neigung im Sinn von 021)	6 13½ (Neigungssinn ebenso)
134 : $\bar{1}$02	1 30 („ „ „ „ 110)	1 42 („ „)
134 : 1$\bar{3}$4	4 24	5 9

$\bar{1}$02 : $\bar{1}$02 würde erfordern 73° 47′
134 : 134 „ „ 70 23 } ist also nicht verwirklicht.

2. Zwillingsachse = [310].

Winkel	gemessen	berechnet
001 : 00$\bar{1}$	0° 0′	0° 0′
134 : $\bar{1}$02	3 27½	4 7
101 : 13$\bar{2}$	3 59	5 2

Obwohl die Reflexe der natürlichen Kristallflächen mindestens ebenso gut waren wie diejenigen der sekundären, so stimmen die Winkel der natürlichen Viellinge doch weit weniger gut mit den berechneten überein als diejenigen der künstlichen Zwillinge. Es könnte daher die Vermutung entstehen, daß die natürlichen Verwachsungen Zwillinge nach [110] sowie nach (130) seien; es ergibt sich für erstere eine Ebene des rhombischen Schnittes, welche unter 88° 40′ im Sinne einer negativen Hemipyramide gegen (001) neigt und unter 86° 19½′ gegen (130). Daraus würde für Schiebungen nach jenen Elementen folgen: σ_1 in (130) gegen [3$\bar{1}$0] um 1° 20′ nach vorn aufwärts geneigt, ebenso erfolgt die Schiebung.

Größe der Schiebung . . . . . $s = 0{,}12846$
Verhältnis der Schiebung . . . . . $\sigma = 1{,}06632$.

Transformationsschema.

1. Für Schiebungen nach (130) oder nach [110]:
$h' : k' : l' = (k - h) : (3h + k) : -2l$.
2. Für Schiebungen nach (1$\bar{3}$0) oder nach [1$\bar{1}$0]:
$h' : k' : l' = (h + k) : (k - 3h) : -2l$.

1. Zwillingsebene = (130).

Winkel	gemessen (wie oben)	berechnet (Neigungssinn stets dem obigen gleich)
001 : 00$\bar{1}$	0° 0′	0° 13½′
101 : 13$\bar{2}$	3 59	5 10

Digitized by Google

2. Zwillingsachse = [110].

Winkel	gemessen (wie oben)	berechnet (Neigungssinn stets dem obigen gleich)
$001 : 00\bar{1}$	0° 33′ bezw. 0° 0′	0° 0′
$134 : 13\bar{4}$	4 24	4 34
$13\bar{2} : 132$	6 30½	6 22

Die für Zwillingsebene = (130) berechneten Winkel weichen noch stärker von den gemessenen ab als die für Zwillingsachse = [310] oben ermittelten; die für Zwillingsachse = [110] gefundenen Daten weichen z. T. etwas weniger von den experimentellen ab, jedoch stets nach derselben Seite hin und ebenfalls weit über die Größe der Messungsfehler hinaus; auch würde sich ein deutlich einspringend (= ½° ca.) gefundener ∢ (001) : (00$\bar{1}$) kaum mit einem berechneten von 0° 0′ vertragen. Man ist also schwerlich zur Annahme der beiden fraglichen Zwillingsgesetze berechtigt, um so weniger, als die Schiebungen erwiesenermaßen nicht ihnen, sondern nur den obigen Regeln gehorchen; letztere wird man daher auch für die natürlichen Viellinge beanspruchen, wofern man diese überhaupt als regelmäßig kennzeichnen will.

Diese Annahme erfährt nun eine sichere Bestätigung durch die Untersuchung dünngeschliffener basischer Platten von Viellingen im konvergenten Licht; sie zeigen nämlich, in Öl gelegt, deutlich, daß die Symmetrieebene der sich längs [110] abgrenzenden Teile // [110] liegt, diejenige der längs [310] aneinanderstoßenden dagegen ⊥ [310] (Fig. 14).

Dagegen ist zur Erklärung der beträchtlichen Winkelabweichungen folgendes zu erwägen: Waren diese Viellinge. was ihr Bau wahrscheinlich macht, bereits im Kristallkeim angelegt, so werden nicht nur 2 miteinander verzwillingte Teilchen sich berühren und beeinflussen, sondern auch z. B. die mit Teilchen 2 verzwillingten Partikeln 1 und 3 usf. Es ist wahrscheinlich, daß dadurch die Pseudosymmetrie noch erhöht wird und daß sich die gegenseitige Orientierung der Subindividuen derjenigen nähert, die etwa durch gewisse regelmäßige Verwachsungen mit einem rhomboedrischen Körper erfordert würde. Nimmt man an: Verwachsung (001) // (0001) und [010] // [10$\bar{1}$0 : 0001] und Aufwachsung der beiden verzwillingten Individuen auf (10$\bar{1}$0) bezw. auf (01$\bar{1}$0), so wäre

Digitized by Google

1. für Zwillinge nach (110) sowie 2. für Zwillinge nach [310] die Kante [01$\bar{1}$0 : 0001] die Umdrehungsachse. Die so berechneten Werte I sind im folgenden neben die Messungsdaten II und die für Zwillingsbildung nach (110) bezw. [310] berechneten Größen III gesetzt.

	I.	II.	III. (Neigungssinn in I., II., III. ident)
1. 001 : 00$\bar{1}$ . .	0° 0′	0° 0′ (meist)	0° 21′
$\bar{1}$02 : 13$\bar{4}$ . .	2 4	1 30	1 42
13$\bar{4}$: 1$\bar{3}$4 . .	2 28	4 24	5 9
2. 001 : 00$\bar{1}$ . .	0 0	0 0	0 0
$\bar{1}$02 : 13$\bar{4}$ . .	2 4	3 27½	4 7
101 : 13$\bar{2}$ . .	1 59	3 59	5 2

Man sieht: die experimentellen Daten weichen von den für Zwillingsbildung nach (110) bezw. [310] berechneten — soweit beträchtlichere Abweichungen vorhanden sind — stets in dem vermuteten Sinne ab.

Die Umwandlung beobachtete ich mittels eines Lehmann'schen Mikroskops. Während des Erhitzens wird die Doppelbrechung der mit (001) aufliegenden Kriställchen kontinuierlich und weitgehend schwächer, lange bevor Zwillingslamellen auftreten; es wird also durch stetige optische Änderungen — geradeso wie nach Mügge's Beobachtungen am Aragonit durch Winkeländerungen — die Umwandlung sozusagen vorbereitet. Kurz vor der letzteren entsteht eine große Zahl feinster Lamellen nach beiden Systemen, die sich fast sofort zu völliger Isotropie auflösen; da diese auch bei weiterer Temperaturerhöhung bestehen bleibt, so handelt es sich nicht um ein dem Gips-Verhalten ähnliches, sondern um echte Umwandlung in eine neue Phase. Das Präparat zeigte, schnell unter ein anderes bereitstehendes Mikroskop mit eingestelltem Objektiv 7, eingeschaltetem Kondensor und Bertrand'scher Linse gebracht[1], das Bild eines optisch negativen einachsigen Kristalls, die spitze Bissektrix a hatte sich in 010 durch den stumpfen $\measuredangle \beta$ bis $\perp$ 001 hinbewegt. Die Rückumwandlung, also auch die Auflösung des Kreuzes in Hyperbeln, erfolgt so schnell, daß die Bestimmung des optischen Charakters erst

[1] Dies ließ sich schneller bewerkstelligen als die Einschaltung des Kondensors in das durch die Erhitzung immerhin etwas deformierte Lehmann'sche Mikroskop.

Digitized by Google

nach vielen vergeblichen Versuchen gelang. Bei der Rückumwandlung treten wieder vorübergehend beiderlei Lamellenarten auf. Läßt man den Kristall sich nur auf etwa 60° abkühlen und erhitzt von neuem, so erfolgt die Umwandlung zuweilen ohne sichtbare vorherige Lamellenbildung. Man kann die Umwandlung eines einfachen Kristalls mehrmals wiederholen, ohne daß er Schaden nimmt; die natürlichen Viellinge dagegen zeigten nach einmaliger Umwandlung begreiflicherweise bereits Sprünge.

Ob der trigonale Habitus solcher umgewandelter monokliner Kristalle trigonale Symmetrie anstatt hexagonaler mit Sicherheit verbürgt, erscheint vielleicht fraglich, denn zunächst ist ersterer jedenfalls nur eine Folge des trigonalen Habitus der monoklinen Modifikation.

Ein anderer Gesichtspunkt veranlaßt zu der Frage, ob an monoklinen Kristallen der maximale Schiebungsbetrag s größer sei für $K_1 = (110)$ und $\sigma_2 = [310]$ oder für $K_1' = (130)$ und $\sigma_2' = [110]$, wo {110} vorne einen stumpfen, {130} einen spitzen Winkel bilden soll. Es sei $\sphericalangle [110] : [3\bar{1}0] = \tau$, $\sphericalangle (110) : (001) = \psi$, $\sphericalangle (130) : (001) = \psi'$ $\sphericalangle (110) : K_2 = \varphi$, $\sphericalangle (130) : K_2' = \varphi'$, so ist $\sin \varphi = \sin \psi \,.\, \sin \tau$ und $\sin \varphi' = \sin \psi' \,.\, \sin \tau$ und da stets $\sin \psi' > \sin \psi$, so ist auch $\sin \varphi' > \sin \varphi$. Nun nimmt aber $\frac{s}{2} = \operatorname{ctg} \varphi$ mit zunehmendem $\sin \varphi$ ab, folglich ist die Größe der Schiebung s für $K_1 = (110)$ und $\sigma_2 = [310]$ stets größer als für $K_1' = (130)$ und $\sigma_2' = [110]$, was für unsere Substanz bereits oben die Rechnung ergab. Am Nickelnatriumuranylacetat wie an Leadhillit und Calciumchloroaluminat sind also diejenigen reziproken Schiebungen verwirklicht, die den größeren s-Wert aufweisen; im übrigen ist die Differenz s—s' für solche pseudohexagonale Körper äußerst gering.

Bei dieser Gelegenheit sei noch erwähnt, daß die nachgewiesenen Schiebungen unserer Substanz die Flächen ausschließlich in solche überführen, die bereits primär auftreten, während z. B. Schiebungen nach $K_1 = (130)$ und nach $\sigma_1 = [110]$ die der Ausbildung fremden Flächen {132}, {$\bar{1}$34}, {102} und {$\bar{1}$01} zu den vorhandenen {$\bar{1}$32}, {134}, {$\bar{1}$02}, {101} hinzufügen würden.

Digitized by Google

Chromglaserit.

$K_3Na(CrO_4)_2$.

Gossner[1] schloß aus seinen Analysen, daß der Glaserit eine feste chemische Verbindung von der Formel $K_3Na(SO_4)_2$ und nicht etwa Gemische darstellt; das gleiche ergab sich für das analoge Chromsalz, welches Gossner aus verschiedenen Lösungen von den Zusammensetzungen 4 Mol. K_2CrO_4 : 1 Mol. Na_2CrO_4 bis 1 Mol. K_2CrO_4 : 4 Mol. Na_2CrO_4 gewann. Freilich ist der Cr-Gehalt von K_2CrO_4 demjenigen von $K_3Na(CrO_4)_2$ so ähnlich, daß die Beimischung einiger Molekularprozente des ersteren zum letzteren durch Cr-Bestimmung sich nicht ermitteln läßt; anderseits ist die Alkalibestimmung von Chromaten oft wenig genau.

Der Cr-Gehalt meiner Kristalle von Chromglaserit und von K_2CrO_4 wurde festgestellt durch Reduktion der CrO_3 mittels Mohr'schen Salzes und Zurücktitrieren des letzteren mittels Permanganat.

	Cr	
1. $K_3Na(CrO_4)_2$	27,85 % gefunden	27,96 % berechnet
2. K_2CrO_4	26,39 „ „	26,84 „ „

Gefundene und berechnete Ziffern stimmen zwar in 1. besser überein als in 2., obwohl letzteres mit der Bunsenflamme keine Na-Reaktion gab, doch würde die Ziffer von 1. immerhin eine Beimischung von 8 Mol. K_2CrO_4 zu 92 Mol. $K_3Na(CrO_4)_2$ zulassen.

Die Dichtigkeit B erscheint als ein etwas schärferes Reagens auf Beimischung von K_2CrO_4; es ergab sich in Methylenjodid

für { $K_3Na(CrO_4)_2$. $D_1 = 2{,}766$ (= 2,768 Gossner)
{ K_2CrO_4 . . . . $D_2 = 2{,}733$ (= 2,723 Joule und Playfair, = 2,691 Schiff, = 2,687 Arzruni).

Nimmt man die Differenz von Gossner's und meinem Werte = 0,002 als Fehlergrenze, so würde die größtmögliche Beimischung = 3 Molekularprozente K_2CrO_4 betragen. Die chemische Konstanz von $K_3Na(CrO_4)_2$ erscheint also ziemlich sichergestellt[2].

[1] Zeitschr. f. Krist. **39**. 160. 1904.

[2] Gossner macht gelegentlich der chemischen und der Dichte-Bestimmungen keinen Unterschied zwischen den zwei Modifikationen; meine Be-

Digitized by Google

Gossner gibt eine bei höherer Temperatur erhaltene trigonale Modifikation an mit $\dot{c} = 1{,}2857$; Formen: {0001}, {10$\bar{1}$0}, {11$\bar{2}$0}, {10$\bar{1}$1}, {01$\bar{1}$1}; $\measuredangle$ (0001) : (10$\bar{1}$1) = 56° 6′ berechnet. Bei geringem K-Gehalt der Lösung entstehen prismatische, bei größerem pyramidale Kristalle. Optischer Charakter positiv. Spaltbarkeit // {0001}. Bei tieferer Temperatur erhielt Gossner scheinbar rhombische, wahrscheinlich aber monokline Kristalle, die tafelig nach {001} oder prismatisch oder pyramidal ausgebildet waren. Sie zeigten u. d. M. auf (001) sechs Sektoren, in denen die Tracen der optischen Achsenebenen senkrecht zu den Prismentracen lagen; es stand die spitze Bissektrix ca. $\perp$ (001). Die Sektoren bargen zuweilen isotrope Lamellen parallel den Umrißlinien von (001).

Meine Kristalle hatten meist das Aussehen einer hexagonalen Kombination {0001}, {10$\bar{1}$0} und unregelmäßig verteiltem {10$\bar{1}$1}; sie zeigten auf (0001) stets Sektorenteilung mit nicht ganz geradlinigen Grenzen nach der Art pseudohexagonaler Drillinge. Die optische Achsenebene lag in jedem Sextanten senkrecht zur anliegenden Fläche von {10$\bar{1}$0}. Die spitze possitive Bissektrix stand ca. $\perp$ {0001}, Auslöschung dünner Platten // (10$\bar{1}$0) oder // (11$\bar{2}$0) scheinbar gerade; {0001} reflektierte in der Regel vollkommen einheitlich; selten waren längs den Sektorengrenzen oder auch senkrecht dazu feine Knicke bemerkbar, die jedoch nur die Folge von Vizinalflächen zu sein schienen, was freilich infolge fehlender basischer

stimmungen beziehen sich auf den monoklinen Körper, der allerdings zuweilen den hexagonalen eingeschlossen enthält, wie später gezeigt wird. Groth und seine Schüler haben in letzter Zeit auf Grund von dilatometrischen Messungen behauptet, daß bei manchen polymorphen Körpern, die sie zum Unterschied „polysymmetrisch" nennen, die Umwandlung ohne Volumänderung erfolge; dem gegenüber mag betont werden, daß nach Tammann's Untersuchungen das $\triangle v$ der Umwandlung sich kontinuierlich mit T und P ändert und nur im Zustandspunkt der maximalen Umwandlungstemperatur genau = 0 wird.

Dazu kommt, daß jene „polysymmetrischen" Körper infolge einfacher Schiebungen, indem die deformierten Schichten immer feiner werden, „kontinuierlich" in eine „höher symmetrische" Modifikation übergehen sollen, obwohl doch hier das Auftreten Rose'scher Kanäle eine bestimmte Dichteänderung gerade dann verbürgt, wenn man wie Groth fixe Umwandlungspunkte, also Unstetigkeiten der $\frac{dv}{dT}$-Kurven, leugnet.

Digitized by Google

Spaltbarkeit nicht sicher zu entscheiden war. Zuweilen befinden sich auf (0001) dreieckige, scheinbar gleichseitige Ätzfiguren, deren eine Seite in jedem Sektor nach dem Zentrum von (0001) zu liegt. Folglich handelt es sich um drillingsartige Komplexe monokliner Kristalle, deren jeder zwei Orthodomen nach außen kehrt; das eine, bisher (0001) genannt, heiße (001), das andere dazu annähernd senkrechte, bisher (10$\bar{1}$0), heiße (100); das zuweilen hinzutretende (10$\bar{1}$1) ist ein (h o l), es heiße (10$\bar{1}$). An einem einzigen Kristall konnte ein (h k o) festgestellt und gemessen werden; ein an zwei benachbarte Hexagonseiten grenzendes Gebiet von (001) zeigte nämlich einheitliche Auslöschung parallel und senkrecht zu einer dieser beiden Seiten; es sei (h k o) = (130); {100} zeigte übrigens oft einen oder mehrere Knicke // {001}, die auf Zwillingsbildung nach {001} hinweisen. Nunmehr ergibt sich:

$K_2Na(CrO_4)_2$, Modifikation β.

Kristallsystem: Monoklin.

Achsenverhältnis: $\dot{a} : \dot{b} : \dot{c} = 0{,}58327 : 1 : 0{,}89229$, $\beta^* = 89^0 14'$.

Beobachtete Formen: {001}, {100}, {130}, {10$\bar{1}$}, {10$\bar{5}$}.

Winkel	gemessen	berechnet
100 : 130	60° 15′ *	—
100 : 10$\bar{1}$	33 24 *	—
001 : 130	89 26	89° 37′
100 : 10$\bar{5}$	73 32	75 32

Die Flächen waren im allgemeinen ziemlich eben, nur das selten auftretende {10$\bar{5}$} war stets sehr stark um [010] gewölbt.

Spezifisches Gewicht D = 2,766.

Optischer Charakter positiv; Achsenwinkel klein, Achsenebene // {010}; c scheinbar genau // $\dot{c}$.

Pleochroismus: c zitronengelb, a orangegelb in 1 mm dicken Platten // {010}.

Für die Ermittlung der Verwachsungsgesetze ist folgende mikroskopische Beobachtung von Wichtigkeit: An Platten nach {001} bemerkt man öfters isotrope Partien, entweder in Gestalt eines zentralen Sechseckes oder eines der sechs Sektoren oder als Lamellen // [010]; sie sind optisch einachsig positiv. Es handelt sich offenbar um Verwachsungen der

Digitized by Google

monoklinen und der rhomboedrischen Modifikation, die sich demnach zuweilen gleichzeitig ausscheiden (es war T = 18° C.). Man wird geneigt sein, regelmäßige Verwachsungen anzunehmen; da nun $\sphericalangle (10\bar{1}1) : (0001) = 56° 6'$ (nach Gossner) und $(\bar{1}01) : (001) = 56° 36'$ und der Habitus im übrigen analog, so ergeben sich als wahrscheinliche Verwachsungen: $[10\bar{1}1 : 0001]$ // $[10\bar{1} : 001]$ und entweder (0001) // (001) oder (100) // $(10\bar{1}0)$; letzteres wird aber durch den einheitlichen Reflex von (001) ausgeschlossen, also (0001) // (001). Es ergeben sich für jede Fläche von $\{10\bar{1}0\}$ zwei hemitrope Aufwachsungen, auf deren gleichzeitige Verwirklichung die einspringenden Winkel auf (100) // [010] hinweisen; letztere Erscheinung hängt vielleicht mit der Bildung rhomboedrischer Durchkreuzungszwillinge nach {0001} zusammen, die ich an Modifikation α häufig beobachtete.

$\sphericalangle (100) : (\underline{100})$ = 1° 30′ gemessen, 1° 32′ berechnet.

Da man nun aber jene $\perp$ (001) isotropen Partien durchaus nicht in allen Exemplaren vorfindet, so sind außer jener Verwachsung (I) auch echte primäre pseudohexagonale Zwillingsbildungen denkbar; es kommen 4 Gesetze in Betracht: (II) Zwillingsachse = [310], (III) Zwillingsachse $\perp$ [310] in (001), (IV) Zwillingsachse = [110], (V) Zwillingsachse $\perp$ [110] in (001).

In der folgenden Tabelle sind neben die Messungsdaten die für die Zwillingsgesetze II—V sowie die für obiges Verwachsungsgesetz I berechneten Werte des $\sphericalangle (100) : (\underline{100})$ gestellt; hinsichtlich dieses Winkels sind übrigens zwei Fälle zu unterscheiden, indem die beiden benachbarten Flächen (100) und $(\underline{100})$ mit (001) und (001) Winkel bilden, die entweder ident oder komplementär sind.

Winkel	gemessen	berechnet				
		I.	II.	III.	IV.	V.
$100 : \underline{100}$ . .	59° 57′	59° 59½′	—	59° 31′	60° 30′	—
$(100 : 00\bar{1} = 100 : 001)$						
$100 : \underline{100}$ . .	60° 4′	60 ½	59° 30′	—	—	60° 31′
$(100 : 00\bar{1}$ = Kompl. $\underline{100} : 001)$						
$10\bar{1} : \underline{100}$ . .	65° 40′	65° 20′	—	—	—	—
$(100 : 001$ = Kompl. $\underline{100} : 001)$						

Digitized by Google

Man sieht, daß sämtliche in Betracht kommenden Zwillingsbildungen weit größere Abweichungen von den Messungsdaten ergeben als die regelmäßigen Verwachsungen mit Modifikation α. Allerdings würden wohl auch echte primäre Drillinge infolge jener oben am Trippelacetat besprochenen wechselseitigen Akkommodierung ihre Winkel den soeben für regelmäßige Verwachsung berechneten, also auch den gemessenen nähern.

Auf solche regelmäßigen Verwachsungen bezieht sich nun nicht nur GOSSNER's Beobachtung isotroper Lamellen, sondern vielleicht auch RETGER's[1] Angabe einer Verwachsung von hexagonalem „$KNaSO_4$" mit „rhombischem K_2SO_4". Natürlich ist es sehr wohl möglich, daß auch das kristallographisch ähnliche K_2CrO_4 mit unserer Modifikation β (oder auch α) regelmäßige Verwachsungen eingeht; darauf weist vielleicht WYROUBOFF's[2] Befund, daß der optische Achsenwinkel in drei abwechselnden Sektoren kleiner gewesen sei als in den drei zwischenliegenden; und die von ihm angegebenen Mischungen von 1,0—1,6 Mol. Na_2CrO_4 mit 5 Mol. K_2CrO_4 könnten als Verwachsungen von 0,5—10 Mol. $K_3Na(CrO_4)$ mit 1 Mol. K_2CrO_4 gedeutet werden; freilich gibt WYROUBOFF überdies noch ein Gemisch von 2,3 Na_2CrO_4 mit 5 Mol. K_2CrO_4 an, was einem Na-Überschuß entsprechen würde. Auch SCACCHI's[3] Beobachtung, daß K_2SO_4-Kristalle, in Na_2CO_3-haltige Lösung gebracht, sich auf {021} mit Individuen in Zwillingsstellung bedecken, sowie VAN'T HOFF's Bemerkung von chemischen Schwankungen des Glaserit dürfen vielleicht auf solche regelmäßigen Verwachsungen zurückgeführt werden.

Beobachtungen über regelmäßige Verwachsung zweier Modifikationen kann man auch am Kalisalpeter anstellen, dessen Lösung bei freiwilligem Verdunsten zuerst rhomboedrische Kristalle, sodann rhombische abscheidet; da die ersteren, selten mit {0001} versehen, meist mit einem (10$\bar{1}$1)

[1] Zeitschr. f. phys. Chem. 5. 460. 1890.

[2] Bull. Soc. Min. France. 2. 91. 1879.

[3] Della polisimmetria dei cristalli. 35. Napoli 1863, s. auch Taf. II Fig. 37 und Taf. IV Fig. 76. Übrigens beschrieb WYROUBOFF (Bull. Soc. Min. France. 13. 81. 1890) regelmäßige Verwachsungen von rhombischem $(NH_4)_2SO_4$ mit monoklinem $(NH_4)_2CrO_4$.

Digitized by Google

auf dem Objektträger auflagen, so benutzte ich als Unterlage ein Glimmerblättchen mit frischer Spaltfläche; hier lagen die Kristalle des von Na freien KNO_3 als Kombinationen von {0001}, {10$\bar{1}$1} und {01$\bar{1}$2} gedeutet, mit (0001) // (001) des Muscovit und mit [0001 : 10$\bar{1}$1] // [100] in den beiden gleichberechtigten Stellungen — genau, wie nach Mügge (dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVI. 1903. p. 335) $NaNO_3$ sowie $(Na, K)NO_3$. Rings um ein Kriställchen lagern sich 6 rhombische Individuen so an, daß stets c (= $\dot{b}$) // [0001 : 10$\bar{1}$1] und b (= ă) $\perp$ [0001 : 1011] war; dies ergibt annähernd Drillinge nach (130).

Von hier aus führt ein kurzer Weg zu der Frage, ob die eine von zwei regelmäßig miteinander verwachsenden Substanzen (die sich nicht mischen) auf eine übersättigte Lösung der andern impfend einwirken könne. Es ergab sich, daß ein frisch hergestelltes Muscovit-Spaltungsblättchen, in ein geschlossenes Gefäß mit übersättigter KCl-Lösung gebracht, auf diese nicht impfend einwirkte; die Konzentration betrug etwa 110% der Sättigungskonzentration; als nach einigen Stunden das Gefäß geöffnet und so mit der keimeführenden Luft in Berührung gebracht wurde, fiel im Verlauf zweier Minuten ein ganzer Regen von Kriställchen nieder. Bringt man einen Tropfen gesättigter KCl-Lösung auf Muscovit, so erfolgt die Aufwachsung zwangmäßig, bringt man aber ein Muscovitblättchen in eine verdünstende, gesättigte Lösung, so erhält man zuweilen freiwillige und zwar ebenfalls z. T. regelmäßige Aufwachsung, während Spaltungsstücke von Kalkspat und Schwerspat frei bleiben; überläßt man die KCl-Oktaeder weiterer Fortwachsung, so gehen sie allmählich in Würfel über, werden dann aber bald von unregelmäßigen Aufwachsungen überwuchert.

Lithiumsulfat.

$Li_2SO_4 . H_2O$.

Die meisten Kristallflächen dieses Salzes reflektieren so uneinheitlich, daß die Messungsdaten von Scacchi, Rammelsberg[1] und Grailich Differenzen bis zu $1\frac{1}{2}^0$ aufweisen. Da sich nun außer den von Scacchi beobachteten Spaltbarkeiten

[1] Handb. I. p. 404.

Digitized by Google

nach {100} und {110} — letztere weniger vollkommen — an meinen aus reiner Lösung bei 16° C. gewonnenen Kristallen eine vorzügliche Spaltbarkeit nach {103} vorfand, so ließen sich genauere Messungen anstellen.

Symmetrie: Monoklin hemimorph.

Achsenverhältnis: $\dot{a} : \dot{b} : \dot{c} = 1{,}60352 : 1 : 1{,}67542$, $\beta = 87°52'$.

Beobachtete Formen: {100}, {103}, {$\bar{1}$03}, {110}, {1$\bar{1}$0}, sowie {123} und {2$\bar{1}$0} bezw. {1$\bar{2}$3} und {210}.

Winkel	gemessen	berechnet
100 : 103	68° 53′ *	—
103 : 110	79 4 *	—
110 : $\bar{1}$10	63 56 *	—
103 : $\bar{1}$03	38 41	38° 23′
103 : 123	46 13	46 11
$\bar{1}$03 : 123	57 18	57 8
110 : 123	41 55	41 55
$\bar{1}$10 : 123	60 53	61 19
210 : 2$\bar{1}$0	77 42	77 24

Habitus: flach nach {103} und {$\bar{1}$03}, gestreckt nach $\dot{b}$.

Die Dichte wurde in Methylenjodid bestimmt D = 2,062. Optische Achsenebene // {010}. Auf {103} befinden sich häufig typisch asymmetrische Ätzhügel.

Scacchi[1] fand nun, daß aus K_2SO_4-haltiger, niemals aus reiner Lösung Zwillinge nach {$\bar{1}$03}, von der Form {$\bar{1}$03}, {103}, {100}, {110}, {1$\bar{1}$0} und {123} bezw. {1$\bar{2}$3} bei fehlendem {210} und {2$\bar{1}$0} kristallisieren; die Verwachsungsfläche war unregelmäßig, je ein Ende von $\dot{b}$ und $\dot{b}$ ragte frei hervor. Zur Entscheidung der Frage, ob zwei gleiche oder aber ungleiche Individuen[2] vereinigt seien, brach Scacchi von den freien Enden von $\dot{b}$ und $\dot{b}$ je ein Stück ab und brachte es in reine

[1] Atti Accad. Sc. Fis. Mat. 3. No. 27. 1. Napoli 1868.

[2] Scacchi, der ja bereits auch pyroelektrische Bestimmungen an unserer Substanz ausführte, betonte, daß letzterer ganz unabhängig von der bald holoedrischen, bald enantiomorphen Ausbildung zwei bestimmte, verschiedene Strukturen zukommen; dies geschah in einer Zeit, in der man die „Meroedrien" noch vielfach als eine Art regelmäßiger Verzerrungen den „Holoedrien" unterzuordnen pflegte, obwohl bereits an Quarz, Rohrzucker, Weinsäure, Turmalin und Struvit eine Eigenartigkeit auch der physikalischen Symmetrie erkannt war.

Digitized by Google

gesättigte Lösung; es entstanden zwei einfache Kristalle, wobei sich an den abgebrochenen Enden {210} ausbildete: es handelte sich also um zwei gleiche Individuen, die ihre antilogen Pole nach außen kehrten.

Soweit können Scacchi's Angaben bestätigt werden; ich fand

Winkel	gemessen	berechnet
$103 : \underline{\bar{1}03}$	103°13′	103°14′ (bei Scacchi ist statt 112°41′ wohl 102°41′ zu lesen)
$\bar{1}10 : 1\bar{1}0$	18 12	17 52
$123 . \underline{\bar{1}23}$	66 21	65 44
$123 . \underline{\bar{1}\bar{2}3}$	—	50 55

Nun gibt Scacchi an, daß obige in reine Lösung gebrachten Zwillingsfragmente sich zuweilen an je beiden Enden

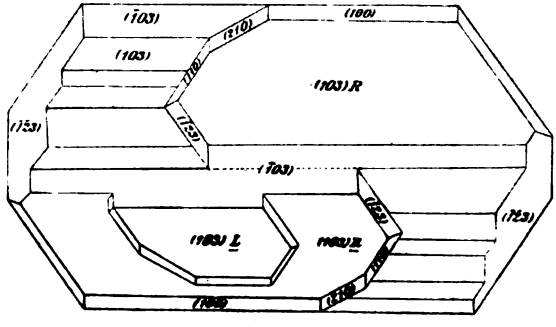


Fig. 16.

von b Flächen von {210} zulegten, und daher vermutet er, daß neben Zwillingsbildung zweier gleicher Individuen nach (103) gleichzeitig eine solche zweier ungleicher nach (100) stattgefunden habe, empfiehlt aber weitere Untersuchungen.

Die genaue Betrachtung und goniometrische Messung der aus Zwillingsfragmenten in reiner Lösung erhaltenen Kristalle ergibt, daß der letzteren Beobachtung Scacchi's Zwillingsbildung zweier verschiedener Individuen zugrunde liegt, deren Umdrehungsachse jedoch nicht, wie Scacchi vermutete, ⊥ (100), sondern ebenfalls ⊥ (103) liegt, man kann mithin auch von Ergänzungszwillingen zweier enantiomorpher Individuen in Inversstellung sprechen; übrigens sind auch hier meist die

Digitized by Google

analogen Pole versteckt (Fig. 16). Bringt man — umgekehrt wie oben — die aus reiner Lösung gewonnenen Kristalle in gesättigte K_2SO_4-haltige Lösung, so bedecken sie sich auf {103} vielfach mit kleinen Individuen, die sich in Zwillingsstellung nach ($\bar{1}03$) zum Hauptkristall befinden; letztere Beobachtung hat bereits Scacchi gemacht (Fig. 17). Kali in diesen Zwillingen mikrochemisch nachzuweisen, gelang mir nicht, dagegen zeigte sich im Spektroskop — wenn auch schwach — links von der Li-Linie die rote K-Linie, die violette K-Linie war nicht zu erkennen; die einfachen, aus reiner Lösung erhaltenen Kristalle gaben jene Reaktion nicht.

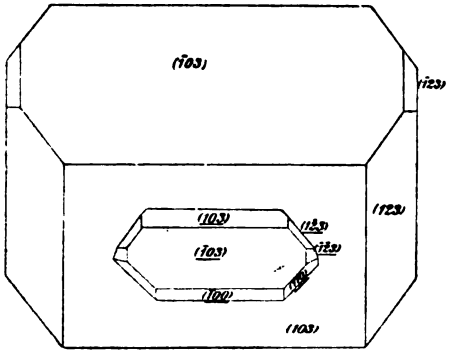


Fig. 17.

Zwei Zwillinge und zwei etwas kleinere einfache Kristalle wurden in ein geschlossenes Gefäß mit reiner, fast gesättigter Lösung gebracht und letztere wurde 8 Tage lang kleinen Temperaturschwankungen ausgesetzt (die Löslichkeit nimmt mit zunehmendem T stark ab); sodann wurde die Lösung der Verdunstung überlassen; die Zwillinge waren, wie sich daraufhin zeigte, zugunsten der Einzelkristalle resorbiert worden.

Polarität und Zwillingsbildung.

Vorbemerkung.

Für die durch polare Richtungen ausgezeichneten Kristalle kann man, abgesehen von dem pyroelektrischen Verhalten singulärer polarer Achsen, zwei Eigentümlichkeiten

Digitized by Google

hervorheben, nämlich längs Richtung und Gegenrichtung mit verschiedener Geschwindigkeit 1. zu wachsen, 2. sich aufzulösen; 1. läßt sich aus Kristallbegrenzung, vielleicht auch aus der Art zonaren Baues folgern, 2. aus Ätzbarkeit und Ätzfiguren von Fläche und Gegenfläche.

Becke's[1] Feststellung, daß Traubenzuckermonohydrat stets mit dem leichter löslichen Ende der Orthoachse aufgewachsen war, die Existenz ausgesprochener Aufwachsungspole und Zwillingsverwachsungspole und die Identität beider am Kieselzinkerz, am Pyrargyrit und wohl auch am Natriumlithiumsulfat verhalfen Mügge (dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVI. 1903. p. 451) zu der Vermutung, daß bei Aufwachsung oder bei Verwachsung wohl stets der leichter lösliche von zwei Polen gedeckt werde.

Auf diese Existenz eines bestimmten Aufwachsungs- bezw. Zwillings-Verwachsungspoles und die Identität beider soll im folgenden eine größere Anzahl Substanzen geprüft werden; gleichzeitig sollen Auflösungsversuche die Frage beantworten, ob der versteckte Pol stets der leichter lösliche ist. Stellt man sich vor, daß von mehreren winzigen Kriställchen einer Substanz die eine Hälfte mit dem leichter löslichen Pole + p, die andere mit dem schwerer löslichen — p verwachsen (bezw. aufgewachsen) ist, so wird eine geringe zur vollkommenen Auflösung nicht ganz ausreichende Untersättigung die am leichter löslichen Pol unzugänglichen Kristalle übrig lassen. Hierbei haben wir also mit annähernd gesättigten Lösungen zu rechnen und man würde daher mit solchen auch die geplanten Auflösungsversuche zu bewerkstelligen haben. Da dies jedoch auf experimentelle Schwierigkeiten stößt (lange Dauer des Einzelversuchs, Abschluß gegen Verdunstung, große Lösungsmengen usw.), so wurden weit geringere Konzentrationen benutzt unter der Annahme, daß sich hierdurch das Vorzeichen der Löslichkeitsdifferenz von + p und — p nicht ändert; hierfür sprachen in der Tat die bei verschiedenen Konzentrationen an einer und derselben Substanz erhaltenen Resultate. Im übrigen wurde die betreffende Kristallisationstemperatur sowie die chemische Zusammen-

[1] Min. Mitt. 10. 492. 1889.

Digitized by Google

setzung der Mutterlauge (Lösungsgenossen) möglichst genau verwirklicht.

Die Kristalle wurden so zugeschliffen, daß ihre Begrenzung eine zur polaren Achse senkrechte Symmetrieebene aufwies, meist wurden rechtwinkelige Parallelepipede hergestellt, tafelig nach einer der Achse parallelen Ebene. Das Tafelformat war wenig oder gar nicht nach der Achse gestreckt, denn das zur letzteren senkrechte Flächenpaar durfte nicht zu sehr hinter den andern zurücktreten. Eine allmähliche Zurundung der anliegenden Kanten und Ecken mußte das Resultat mehr oder weniger beeinträchtigen, weil auf diese Weise nicht die Lösungsgeschwindigkeit parallel der polaren Achse allein, sondern diejenige eines dieselbe umgebenden Büschels von Richtungen gemessen wurde; jedoch ist für Aufwachsung und Verwachsung wahrscheinlich ebenfalls ein ganzes Büschel von Richtungen leichter Löslichkeit maßgebend.

Im übrigen stellte ich an der Weinsteinsäure durch goniometrische Messung von Ätzflächen, die bei der angewendeten Konzentration von $\frac{1}{2}$ Sättigung auf (010) bezw. (0$\bar{1}$0) anfänglich entstanden, eine Abweichung von nur ca. 5° von {010} fest, bei $\frac{1}{4}$ Sättigung war dieselbe $< 10°$. Geringere Konzentrationen wurden nie angewendet; es handelte sich daher wohl stets um Büschel, deren Öffnungswinkel kleiner als 20° waren.

Auf den Boden eines kleinen Kristallisationsgefäßes wurde ein Objektglas horizontal aufgekittet, auf dem die vollkommen homogenen Platten, deren Dimensionen nach wenigen Millimetern zählten, fest und eben auflagen. Mittels einer Pipette wurden etwa 5—10 cm³ Lösung zugeführt, sodann wurde das Präparat u. d. M. orientiert, so daß die polare Achse rechts bis links parallel der Okularmikrometerskala verlief und der Halbierungspunkt der Strecke mit dem mittelsten Teilstrich zusammenfiel. Nun wurde in Zeiträumen von einer oder mehreren Minuten abgelesen, bei Zurundung der beiden zur polaren Achse senkrechten Flächen nach vorn und hinten oder nach oben und unten zu wurde stets der äußerste Punkt, also der tangierende Skalenteilstrich registriert.

Digitized by Google

Regulär-tetraedrische und tetartoedrische Substanzen.

Zinkblende. Zwillinge nach (111) von Bleiberg bei Aachen fand GROTH[1] zuweilen nach einer Fläche von {112} verwachsen, diese Fläche lag stets dem glänzenderen Tetraeder an. Über Aufwachsung einfacher Individuen jenes Fundortes scheint leider nichts bekannt zu sein.

Diamant und Fahlerz, anscheinend auch Helvin, Zunyit und Eulytin bilden zuweilen Ergänzungszwillinge, die Individuen durchkreuzen sich anscheinend ohne Bevorzugung einer bestimmten Fläche und auch die Aufwachsung der vier letzteren Minerale erfolgt ohne erkennbare Regel.

Strontiumnitrat, Baryumnitrat, Bleinitrat bilden häufig Zwillinge zweier gleichartiger Individuen nach (112); die Verwachsung erfolgt bald nach einer der glänzenderen, bald nach einer der rauheren Tetraederflächen, nach ersterer jedoch vielleicht etwas häufiger.

Natriumchlorat bildet nach GROTH Ergänzungszwillinge zweier ungleicher Kristalle, die sich anscheinend unregelmäßig durchkreuzen.

Natriumuranylacetat. Hier waren die Zwillinge zweier gleicher Kristalle nach (101) stets mit zwei Flächen des größeren {111} verwachsen, diejenigen zweier gleicher Kristalle nach (112) in einem Fall nach zwei kleineren, sonst ebenfalls stets nach zwei größeren Tetraederflächen zusammengesetzt, auch die Ergänzungszwillinge zweier ungleicher Individuen waren stets mit zwei größeren Tetraederflächen verwachsen.

Löslichkeit[2] von Natriumuranylacetat auf (111) und ($1\bar{1}1$).

Rechtsdrehender Kristall ({111} groß, {$1\bar{1}1$} klein). Rechtwinkeliges Parallelepiped, X $\perp$ (111); Y $\perp$ Z, beide beliebig in (111); $x = \frac{1}{2}$ mm, $y = z = 1$ mm. T. = 16°; Konzentration = $\frac{1}{4}$ Sättigung; 10 cm³ Lösungsmenge.

[1] Die Mineraliensammlung d. Univ. Straßburg. p. 26. 1878; s. auch Taf. II. Fig. 15.

[2] Mit „Löslichkeit" ist hier und im folgenden nicht etwa die „Sättigungskonzentration", sondern stets die „Lösungsgeschwindigkeit" gewisser Flächen und Flächenbüschel gemeint. Dieselbe hängt vielleicht lediglich von der durch die Ätzflächen auf der betr. Kristallfläche erzeugten, wahren Oberfläche ab.

Digitized by Google

Zeit in Min.[1]	Zentraldistanz von	
	(1$\bar{1}$1)	(111)
0	15	15
5	12	12
6	11½	11
7	11	10
10	9	7
12	8½	6½
20	6	4

Die Löslichkeit von (111) scheint demnach in der Tat etwas größer zu sein als diejenige von (1$\bar{1}$1); ein zweiter Versuch mußte unterbleiben, da die übrigen Kristalle entweder zu klein oder inhomogen waren.

Tetragonal-hemimorphe Substanzen.

Succinjodimid. Die Ergänzungszwillinge sind nach TRAUBE[2] stets mit den antilogen Polen (die {111} neben {221} führen) zusammengesetzt; über die Aufwachsung einfacher Kristalle liegt keine Angabe vor.

Pentaerythrit. Zwillinge sind nicht bekannt; der an der Oberfläche der Lösung hängende Pol wird nach MARTIN (dies. Jahrb. Beil.-Bd. VII. 1891. p. 18) von Alkohol stärker angegriffen als der in die Lösung hineinragende.

Silberfluorid, erhalten aus $(Ag)_2CO_3$ und HF. Formen (111) und (11$\bar{1}$).

$\sphericalangle$ 111 : 11$\bar{1}$ = 54°46′, $\dot{c}$ = 1,1366 (MARIGNAC[3])
$\sphericalangle$ 111 : 11$\bar{1}$ = 55 7 $\dot{c}$ = 1,1917 (JOHNSEN)

Dichte und Brechungsindizes konnten nicht bestimmt werden. Optisch negativ. Stark pyroelektrisch (15 Min. auf 50° gehalten). Ergänzungszwillinge, verwachsen mit den antilogen Polen (MARIGNAC erhielt einfache Kristalle, über deren Aufwachsung nichts verlautet).

[1] Hier sei auch betreffend sämtliche folgenden Löslichkeitsbestimmungen erwähnt, daß die Einstellung und Ablesung zur „Zeit 0" stets einige Zeit nach der bewirkten Benetzung der Präparate mit Lösungsmittel ausgeführt wurde.

[2] Zeitschr. f. Krist. 23. 578. 1894.

[3] Annales des mines. (15.) 12. 18. 1857.

Digitized by Google

Hexagonal-hemimorphe Substanzen.

Silberjodid. 1. Erhalten aus AgJ.KJ + AgJ.HJ mittels Ag. Formen: {0001} klein und rauh, {000$\bar{1}$} groß und glänzend, {10$\bar{1}$1} groß, {10$\bar{1}$$\bar{1}$} klein oder fehlend; $\measuredangle$(10$\bar{1}$1) : (0001) = 43°20′ gem. (= 43°25′ nach Zepharovich berechn.). Einzelkristalle stets mit (0001) festgewachsen (an einem Seidenfaden); ich fand Ergänzungszwillinge, die ebenfalls mit (0001) verwachsen waren. Aus der rauhen Beschaffenheit von (0001) wird man schließen dürfen, daß dies unter den gegebenen Kristallisationsbedingungen tatsächlich der leichter lösliche Pol ist. 2. Aus AgJ.HJ mittels Ag erhaltene Kristalle waren ebenso ausgebildet und aufgewachsen. Diese Parallelisierung der Aufstellung von 1. und 2. ergab sich, nachdem pyroelektrische Versuche mißlungen waren, aus der schnelleren Zurundung der Kanten [0001 : 10$\bar{1}$1] gegenüber [000$\bar{1}$: 10$\bar{1}$$\bar{1}$] in wässeriger Jodjodkaliumlösung.

Zinkoxyd. Die Ergänzungszwillinge sind nach Traube stets so verwachsen, daß zwei Enden der $\dot{c}$-Achsen zusammenstoßen und daß die mit kalter verdünnter HCl auf den Pyramidenflächen der freien Enden erzeugten Ätzdreiecke ihre Basislinien einander zukehren; dasselbe beobachtete Rinne (dies. Jahrb. Beil.-Bd. IX. 1895. p. 149).

Eine Stufe des hiesigen Instituts, etikettiert „? Andreasberg", zeigt zahlreiche feine, bis ½ mm lange, hellgrüne, durchsichtige ZnO-Kristalle der Form {10$\bar{1}$0}, {10$\bar{1}$1}, {0001} und zuweilen {11$\bar{2}$2}. Die Aufwachsung erfolgte stets mit einem Ende von $\dot{c}$. Die Ätzung von fünf solchen Nädelchen mit 25 %iger kalter HCl kennzeichnete sie sämtlich als einfache Individuen, welche die Basislinien ihrer Ätzdreiecke dem Aufwachsungspol zukehren. Aufwachsung und Zwillingsverwachsung sind einander also analog.

Spangolith wächst nach Miers[1] stets mit einem und demselben Ende von $\dot{c}$ auf derart, daß eine an diesem Ende hergestellte basische Spaltfläche von verdünnter HCl schneller angegriffen wird als eine am freien Ende bloßgelegte. Zwillinge sind nicht bekannt.

[1] Min. Magaz. 10. 273. 1894.

Digitized by Google

Pyrargyrit und Proustit wachsen nach MIERS[1] gewöhnlich mit demjenigen Ende von c auf, gegen welches die Flächenstreifen von {1671} auf {11$\bar{2}$0} konvergieren, während sich die mexikanischen und einige andere Exemplare umgekehrt verhalten. Die Zwillingsbildung nach {11$\bar{2}$0} bietet unregelmäßige Durchdringungen dar, häufig noch kompliziert durch gleichzeitige Zwillingsbildung nach {10$\bar{1}$0}. Die nach der gemeinsamen Symmetrieebene verwachsenen Zwillinge nach (10$\bar{1}$1) und nach (01$\bar{1}$2) sind auf das Vorzeichen des Verwachsungspoles hin nicht untersucht worden.

Turmalin. Zwillinge sind hier nicht bekannt, doch könnten in den pyroelektrisch sehr komplizierten Kristallen von Mursinsk und Schaitansk vielleicht Zwillinge nach {11$\bar{2}$0} vorliegen.

In der Tabelle auf p. 284 findet man eine Anzahl von Vorkommen auf ihren Aufwachsungspol hin untersucht, und zwar stets auf Grund pyroelektrischer Feststellungen, da die bloße Ausbildung leicht irreführen könnte.

Die Aufwachsung erfolgt also weitaus am häufigsten mit dem antilogen Pol, nur an manchen der tiefgrünen brasilianischen und vielleicht auch an uralischen Kristallen umgekehrt.

Gänzlich abweichend ist der Aufwachsungspol der meisten Andreasberger und Iberger Kristalle, die mit dem Pol einer Fläche von {10$\bar{1}$0}, welche Form übrigens (wie gewöhnlich) nicht ausgebildet ist, fest am Granit haften. Ebensolches Verhalten fand sich an den Kristallen aus dem Kalk von Pierrepont, an denen auch {10$\bar{1}$0} schmal auftritt. Auf die eigentümliche Ausbildung gerade dieser beiden Vorkommen führt uns das letzte Kapitel zurück.

Natriumlithiumsulfat (Anhydrid) bildet nach TRAUBE (dies. Jahrb. 1892. II. p. 58) fast stets Ergänzungszwillinge nach {10$\bar{1}$0}, die durchweg mit den analogen Polen verwachsen sind; über die Aufwachsung einfacher Kristalle ist nichts angegeben.

Natriumlithiumsulfat (Hydrat) bildet zuweilen Zwillinge nach {11$\bar{2}$0}, die Verwachsung erfolgt wie die Auf-

[1] Zeitschr. f. Krist. 15. 129. 1888.

Digitized by Google

Fundort	Zahl der Individuen	Ausbildung (Reihenfolge der Flächen nach abnehmender Größe)	Aufwachsungspol	Bemerkungen
Andreasberg i. H.	1	$\{11\bar{2}0\}$, $\{\bar{1}010\}$, $\{\bar{1}01\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\bar{2}\}$	antilog. Pol	
„ „ „	8	$\{11\bar{2}0\}$, $\{\bar{1}010\}$, (klein), $\{10\bar{1}1\}$, $\{\bar{2}021\}$, $\{\bar{1}011\}$, $\{10\bar{1}2\}$, c sehr kurz	(10$\bar{1}$0)	
Iberg i. H.	6		„	
Langenbielau i. Schl.	2	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{000\bar{1}\}$, $\{\bar{1}01\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\bar{2}\}$	antilog. Pol	
Arendal	1	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{\bar{1}01\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}\bar{2}\}$	„	
St. Gotthard	„Sonne“	undeutlich	„	dunkelbraun durchsichtig auf Quarz; die grasgrünen Kristalle aus dem dortigen Dolomit sind eingewachsen.
Elba	8	„Mohrenköpfe“	(Verwachsg.)	
Mijask	1	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{\bar{1}01\bar{1}\}$,	antilog. Pol	
Mursinsk	2	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{000\bar{1}\}$, $\{\bar{1}01\bar{1}\}$	„	
„	3	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{10\bar{1}1\}$, $\{\bar{2}021\}$	„	rot
„	2	$\{11\bar{2}0\}$ (groß), $\{\bar{1}010\}$ (klein), $\{000\bar{1}\}$, $\{\bar{2}02\bar{1}\}$, $\{\bar{1}01\bar{1}\}$ (klein)	analog. Pol	2 rot, 1 schwarz
Brasilien	2	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{000\bar{1}\}$	antilog. Pol	rot, wenig regelmäßige Pyroelektrizität, die übrigen uralischen Exemplare waren noch unregelmäßiger
„	2	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{\bar{2}021\}$	„	dunkelgrün durchsichtig
Warwick, N. Y.	„Sonne“	undeutlich	analog. Pol	„ „
Pala, San Diego, (Kalif.)	„		antilog. Pol	
Haddam, Connect.	1	$\{\bar{1}010\}$, $\{11\bar{2}0\}$, $\{\bar{1}01\bar{1}\}$, $\{10\bar{1}2\}$	„	„Rubellit“, in Lepidolith
Pierrepont, Lawrence Cty.	6	$\{11\bar{2}0\}$, $\{\bar{1}010\}$, $\{10\bar{1}0\}$ (schmal), $\{10\bar{1}1\}$, $\{\bar{2}021\}$, $\{\bar{1}011\}$, $\{10\bar{1}2\}$, $\{40\bar{4}1\}$, $\{32\bar{5}1\}$, c sehr kurz	„ (10$\bar{1}$0)	mit Quarz in Kalk

Digitized by Google

wachsung bald mit $+\dot{c}$, bald mit $-\dot{c}$ (Fig. 5 u. 6). Dementsprechend konnte durch Ätzung angeschliffener Flächen (0001) und (000$\bar{1}$) keine Löslichkeitsdifferenz festgestellt werden.

Carborundum. Becke[1] hat an dieser von Frazer als rhomboedrisch beschriebenen Substanz einen Unterschied der Beschaffenheit der beiden Basisflächen beobachtet, der sich durch Ätzung mittels einer Soda-Salpeter-Schmelze noch verstärken läßt.

Nach 6 Minuten langem Anätzen mittels obiger Schmelze erhielt ich auf der im übrigen glänzend bleibenden Fläche (0001) Ätzgrübchen von drei + dreiseitigem Umriß, deren drei größere Flächen im Gegensatz zu Becke's Angabe einem negativen Rhomboeder zugehören. Der Habitus war ebenfalls oft deutlich hemimorph infolge einer Größendifferenz von (0001) und (000$\bar{1}$), und zwar wurde die kleinere Basis von der Schmelze stets weniger angegriffen als die größere.

Die Zwillingsverwachsungen nach (10$\bar{1}$1) sind derart, daß bald Juxtaposition, bald Durchkreuzung vorhanden ist; stets aber wird der spitze Winkel von zwei gleichen, der stumpfe von zwei ungleichen Basisflächen gebildet. Der Zwillingsverwachsung entsprechend ist auch die Aufwachsung unregelmäßig.

Nephelin. Nach Baumhauer[2] sind auf den Vesuvstufen an einem und demselben Exemplar fast stets zwei gleiche Individuen nach {11$\bar{2}$0} (= {10$\bar{1}$0}), zwei ungleiche ebendanach verzwillingt und zwei ungleiche in Inversstellung (je zwei dieser Gesetze bedingen das dritte). Die Grenzen verlaufen meist unregelmäßig. Einfache Individuen wurden nicht beobachtet. Traube (dies. Jahrb. Beil.-Bd. IX. 1894. p. 95) stellte dann fest, daß fast stets, wenn auch nicht immer, diejenigen Pole der Doppelzwillinge nach innen gekehrt sind, nach denen die Spitzen der mit HF auf {10$\bar{1}$0} erzeugten Ätzfiguren hinweisen.

An Vesuvstufen fand ich, daß bei weitem die meisten Kristalle mit einer Fläche von {11$\bar{2}$0} aufgewachsen waren,

[1] Zeitschr. f. Krist. 24. 537. 1894.

[2] Zeitschr. f. Krist. 6. 209. 1882, sowie Resultate der Ätzmethode. p. 69. 1894.

Digitized by Google

wobei sich die Aufwachsung oft bis über eine der beiden Basisflächen hin erstreckt; diese Kristalle waren stets auf obige Art verwachsene Doppelzwillinge. Wenige kleinere Säulen dagegen saßen mit einer Basisfläche fest; und hier zeigten sämtliche Ätzfiguren sämtlicher $\{10\bar{1}0\}$ mit den Spitzen nach dem Aufwachsungspol; ob hier einfache Kristalle oder Zwillinge zweier ungleicher nach $\{11\bar{2}0\}$ (also mit gleichgerichteten $+\frac{1}{2}c$) vorlagen, mag, weil für vorliegenden Zweck unwesentlich, unentschieden bleiben; Aufwachsung und Verwachsung erfolgen also analog.

Übrigens erhielt ich mit einem Gemisch von 6 cm³ H_2O, 1 cm³ H_2SO_4, $\frac{1}{2}$ cm³ HCl auf $\{10\bar{1}0\}$ gute, den von Traube mit HCl erzielten sehr ähnliche Ätzfiguren, deren Spitzen jedoch entgegengesetzt denen der HF-Ätzfiguren lagen.

Kaliumlithiumsulfat ist von Traube (dies. Jahrb. 1894. I. p. 171) untersucht worden; über die Aufwachsung der sehr seltenen einfachen Kristalle ist nichts angegeben, die Zwillinge zweier gleicher Individuen nach $\{11\bar{2}0\}$ $(= \{10\bar{1}0\})$ sind stets mit den analogen Polen verwachsen, ebenso die Zwillinge zweier ungleicher in Inversstellung — alles wie am Nephelin. Ähnlich verhalten sich nach Traube das isomorphe $KLiSeO_4$, die Mischkristalle von $9KLiSO_4 + KSiCrO_4$, von $18KLiSO_4 + KLiMoO_4$, sowie das mit dem antilogen Pol verwachsene $K_2Li_2CrSO_8$, ähnlich auch die von Wyrouboff[1] beschriebenen Sulfate $RbLiSO_4$ und NH_4LiSO_4.

An $KLiSO_4$ fand ich, wenngleich sehr selten, einfache Kristalle unregelmäßig mit den analogen Polen verwachsen, wobei die Hauptachsen einen stumpfen Winkel bildeten. Diese gegenseitige Aufwachsung entspricht also der Zwillingsverwachsung.

Löslichkeit von Kaliumlithiumsulfat auf (0001) und (000$\bar{1}$).

Doppelzwillinge wurden über die horizontale Zwillingsgrenze hinaus abgeschliffen, darauf auch das andere Ende ein wenig angeschliffen (so daß keine unnatürlichen Differenzen der Flächenbeschaffenheit entstanden und $\{10\bar{1}1\}$ verschwand).

[1] Bull. Soc. Min. France. **13**. 215. 1890.

Digitized by Google

Versuch I.

$\dot{c} = 1$ mm, senkrecht dazu Maximaldurchmesser $= 1\frac{1}{2}$ mm. T. $= 16°$. Konzentration $= \frac{1}{2}$ Sättigung; 8 cm³ Lösungsmenge. Aufliegende Fläche $= (10\bar{1}0)$.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von (0001)	Zentraldistanz von $(000\bar{1})$[1]
0	40	40
1	39	39
2	37	36
3	34	33
4	32	30
5	31	28
6	29	26
7	29	25
8	28	23
9	26	20
10	24	18
11	22	15
12	20	10

Versuch II.

$\dot{c} = 1\frac{1}{2}$ mm, senkrecht dazu Maximaldurchmesser $= 1\frac{1}{2}$ mm. Konzentration $= \frac{1}{2}$ Sättigung; 10 cm³ Lösungsmenge. Sonst wie I.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von (0001)	Zentraldistanz von $(000\bar{1})$
0	50	50
1	49	49
2	48	48
3	46	46
5	43	42
7	42	41
9	41	40
11	40	38
13	39	37
17	37	34
19	35	32
21	32	29
26	26	22
28	25	19
30	24	17
32	23	16
34	23	14

[1] So soll das aufgewachsene Ende kurz bezeichnet werden; in Wirklichkeit stellen die Präparate Zwillinge zweier ungleicher Individuen in Inversstellung dar, so daß (0001) des einen mit dem gleich löslichen $(000\bar{1})$ des anderen zusammenfällt!

Digitized by Google

Der durch Zwillingsverwachsung oder durch Aufwachsung gedeckte Pol ist also beträchtlich löslicher als der andere.

Natriumperjodat bildet nach GROTH[1] Zwillinge zweier ungleicher Individuen in Inversstellung, die mit den (spitz ausgebildeten) analogen Polen verwachsen.

Struvit. Die natürlichen Kristalle sind im Boden eingewachsen und daher ringsum ausgebildet; die Ergänzungszwillinge von Hamburg (gestreckt // ă, Formen: {010}, {00$\bar{1}$}, {011}, {101}, {10$\bar{1}$} klein) sind nach (00$\bar{1}$), dem analogen Pol, verwachsen; diejenigen von Braunschweig (tafelig nach {010}, Formen: {010}, {00$\bar{1}$}, {001}, {101}, {120} klein) verwachsen nach (001), dem antilogen Pol; sie erscheinen übrigens häufig wie längs dieser Fläche verschoben. Um künstliche Kristalle von relativ beträchtlicher Größe zu erreichen, läßt man zwecks langsamer Kristallisation am besten H_3PO_4 und eine andere Säure um die Base $NH_4 . Mg(OH)_3$ konkurrieren; die andere Säure muß ebenfalls sehr schwach dissoziiert sein und muß ein leichter lösliches Salz liefern als erstere. Seit den Versuchen von MILLOT und MAQUENNE[2] benutzt man Zitronensäure und macht die Konzentration derselben so groß, daß frühestens nach ½ Stunde deutliche Kristallisation beginnt. Nach 24 Stunden waren meine Kristalle 0,2 mm groß; sie saßen an einem rauhen Glasstab meist mit einer steilen Makrodomenfläche fest, welche der größeren der zwei Basisflächen anliegt. Die gleiche Aufwachsung fand sich an beträchtlich größeren künstlichen Kristallen der hiesigen Sammlung, die in der Ausbildung ähnlich und wahrscheinlich auf demselben Wege dargestellt sind; ¼ Stunde auf 50° gehalten, werden sie beim Abkühlen deutlich pyroelektrisch. Daraufhin lassen sie sich der üblichen Aufstellung der natürlichen Kristalle entsprechend orientieren; es ist {001} (antiloger Pol) größer als {00$\bar{1}$} (analoger Pol), {02$\bar{1}$} größer als {021}, {10$\bar{1}$} größer als {101}; dazu tritt {120} klein; die Individuen sind gestreckt nach ă; 021 : 02$\bar{1}$ = 68° 9′ gem., = 67° 28′ berechn. Die Aufwachsung erfolgt nach einem

[1] Pogg. Ann. **158**. 214. 1876.

[2] Bull. Soc. chim. (2.) **23**. 238. 1875; vergl. auch HAUSHOFER, Zeitschr. f. Krist. **4**. 42. 1880.

Digitized by Google

steilen (h o l), dessen Neigungswinkel gegen ă mit $\pm 10^0$ um 77^0 schwankt, während die Zone [010] recht genau erfüllt ist (Fig. 18). Die Zwillinge, die sich in geringer Zahl gebildet hatten, waren mit (001) verwachsen, jedoch // ă stark gegeneinander verschoben, entsprechen also den Braunschweigern, nur daß die Größendifferenz von (001) und (00$\bar{1}$) umgekehrt ist. Da die Braunschweiger Exemplare voll von Gasblasen und die Hamburger stark verwittert waren, wurde für einen Auflösungsversuch einer der größeren künstlichen Kristalle geopfert.

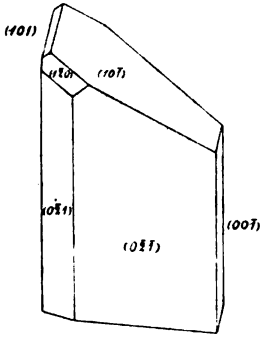


Fig. 18.

Löslichkeit des Struvit auf (001) und (00$\bar{1}$) sowie auf Makrodomen.

Parallelepiped mit ă = $\bar{b}$ = $\frac{1}{c}$ = 1 mm; aufliegend mit (010). T. = 16°.
Lösung: 10 cm³ Wasser + ½ g Struvit + 3 g Zitronensäure.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von (001)	Zentraldistanz von (00$\bar{1}$)
0	15	15
5	10	10
7	8	9
8	7	8
9	6	7
10	5	6
11	3	4½

Die Löslichkeit von (001) scheint etwas größer zu sein als diejenige von (00$\bar{1}$); vor allem aber stellte sich sehr schnell eine Zurundung der Kanten [001 : 100] und [00$\bar{1}$: $\bar{1}$00] ein, während [00$\bar{1}$: 100] und [00$\bar{1}$: $\bar{1}$00] fast ganz scharf blieben. Dies deutet auf eine besonders große Löslichkeit von Flächen (h o l) im Gegensatz zu (h o $\bar{l}$) und entspricht der beobachteten Aufwachsung nach einem (h o l) sowie auch der Zwillingsverwachsung nach einem Ende von ă in (001).

Digitized by Google

Auf solcher Festwachsung mit einem (h o l) beruht wahrscheinlich das in der chemischen Analyse so bekannte Festhaften gerade des Magnesiumammoniumphosphatniederschlags an den Gefäßwänden. Übrigens fand bereits SADEBECK[1], daß sich natürliche Kristalle in Essigsäure an den Kanten [001 : 101] schneller zurundeten als an [00$\bar{1}$: 10$\bar{1}$].

Hier sei noch eine kurze Mitteilung über Arsenstruvit $NH_4MgAsO_4 . 6H_2O$ gestattet, von dem sich im hiesigen Institut einige durch Diffusion in 3 Monaten gewonnene Kristalle befinden.

Formen: {001}, {00$\bar{1}$}, {010}, {101}, {011}; {10$\bar{1}$} und {01$\bar{1}$} klein oder fehlend, {120} klein.

Achsenverhältnis: $\breve{a} : \bar{b} : \dot{c} = 0{,}56796 : 1 : 0{,}91500$.

Winkel	gemessen	berechnet
011 : 0$\bar{1}$1	84°55′ *	—
120 : $\bar{1}$20	82 43 *	—
101 : 10$\bar{1}$	63 26	63°41′

Kieselzinkerz. Meist aufgewachsen mit dem antilogen Pol (ausgezeichnet durch 12$\bar{1}$), mit welchem auch die Zwillinge von Altenberg bei Aachen verwachsen sind. Dieses Verhalten war bereits RIESS und G. ROSE[2] gelegentlich ihrer pyroelektrischen Untersuchungen aufgefallen.

Prehnit. TRAUBE (dies. Jahrb. Beil.-Bd. IX. 1894. p. 134) fand die Kristalle von Ratschinges bei Sterzing entweder einfach und mit dem analogen Pol von ă aufgewachsen oder mit dem gleichen Pol zu Ergänzungszwillingen verwachsen. Die Stufen von Bourg d'Oisans bestanden nach TRAUBE lediglich aus Zwillingen, ebenfalls mit den analogen Polen verwachsen, diejenigen von Jordansmühl (Schlesien) zeigten 1. einfache Kristalle, mit dem analogen Pol aufgewachsen, 2. Zwillinge von Kristallen ungewöhnlicher Ausbildung, nämlich der Form {331}, {$\bar{3}$31}, {031}, klein {001} mit den antilogen Polen verwachsen und mit $\dot{c}$ aufgewachsen.

Diese Beobachtungen können bestätigt und durch folgendes

[1] Min. Mitt. p. 113. 1877.

[2] Abh. Berl. Akad. **50**. 70. 1843.

Digitized by Google

erweitert werden: Bourg d'Oisans. 1. Tafelig nach {001} mit {110}, {1̄10} und kleinem {010}, a) einfache Kristalle, aufgewachsen mit dem analogen Pol, b) Zwillinge, verwachsen ebenfalls mit dem analogen Pol, aufgewachsen mit b̄. 2. Gestreckt nach ć, {010} groß, {110}, {o k l}, {001}, stets verzwillingt, a) aufgewachsen mit dem analogen Pol, freies Ende antiloger Pol, zwischen beiden Enden aber mehrfacher Wechsel der Pole, b) aufgewachsen mit einer kleinen Partie einer Fläche von {010}; eine angeschliffene Fläche (100) zeigte, längs ć wechselnd, 3 antiloge und 4 analoge Pole, 2 von letzteren an den beiden Enden; also anscheinend ein //{001} schichtiger Wechsel von 7 nach ć verzwillingten Individuen. Niederkirchen (Pfalz). Formen: {010}, {001}, {110}; {100} klein; einfache Kristalle, aufgewachsen mit dem analogen Pol. Kilpatrik (Schottland). Gestreckt nach ă; {010}, {001}, sehr klein {110}, aufgewachsen mit je einem Ende von ă und von ć, zeigten keine deutliche Pyroelektrizität.

Triphenylmethan. Nach Groth[1] und Hintze[2]: Formen: {100}, {010}, {110}, {011}, {034}, {122}; sehr selten ringsum ausgebildet, meist mit dem unteren Ende von ć aufgewachsen.

Resorcin wächst nach Hankel und Lindenberg[3] stets mit dem antilogen Pol fest, d. i. das Ende, an welchem neben dem Makrodoma noch Pyramiden auftreten.

Monoklin-hemimorphe Substanzen.

Rohrzucker. Schon Wolff[4] bemerkte gelegentlich der Entdeckung der Rohrzucker- und Weinsäurezwillinge, daß die Rohrzuckerzwillinge nach (100) (oder nach ć) stets mit den analogen Polen (durch (0$\bar{1}$1) ausgezeichnet) verwachsen und mit einem Ende von ć aufgewachsen waren. Die einfachen Kristalle findet man häufig mit dem analogen Pol aufgewachsen.

[1] Zeitschr. f. Krist. 5. 478. 1879.
[2] Zeitschr. f. Krist. 9. 546. 1883.
[3] Abhandl. sächs. Ges. d. Wissensch. 18. 392. 1893.
[4] Journ. f. prakt. Chem. 28. 138. 1843.

Digitized by Google

Löslichkeit von Rohrzucker auf (010) und ($0\bar{1}0$).

Es wurden Parallelepipede[1] geschliffen, deren Kanten $// \bar{b}$, $// \dot{c}$ und senkrecht zu beiden lagen. $T = 16°$.

Konzentration $= \frac{1}{2}$ Sättigung; 10 cm³ Lösungsmenge.

Versuch I.

Länge der genannten Kanten = 1 mm, 2 mm, $\frac{1}{2}$ mm; aufliegend mit (100).

Zeit in Min.	Zentraldistanz von ($0\bar{1}0$)	(010)
0	38	38
$1\frac{1}{2}$	35	35
3	32	32
$4\frac{1}{2}$	30	30
6	27	28
$7\frac{1}{2}$	25	27
9	22	25
12	17	24
15	15	23

Versuch II.

Länge der Kanten = 1 mm, 1 mm, $\frac{1}{2}$ mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von ($0\bar{1}0$)	(010)
0	35	35
$1\frac{1}{2}$	33	33
3	31	31
$4\frac{1}{2}$	28	29
6	25	27
$7\frac{1}{2}$	$22\frac{1}{2}$	25
9	$21\frac{1}{2}$	24
$10\frac{1}{2}$	18	23
12	16	21
$13\frac{1}{2}$	15	20
15	13	18,5

Die Lösungsgeschwindigkeit der analogen Pole ($0\bar{1}0$) ist also in der Tat größer als diejenige der antilogen Pole (010).

[1] Die Orientierung der Parallelepipede und besonders auch der Pole $+p$ und $-p$ kann hier, was sehr angenehm ist, nach dem Schleifen durch Beobachtung im konvergenten Licht vorgenommen werden; ebenso bei der Weinsäure.

Digitized by Google

Übrigens fand L. Wulff, daß die Zwillinge der „Kristallzucker" im Gegensatz zu denen des „Kandiszucker" zuweilen mit den linken Enden von $\bar{b}$ verwachsen sind (vergl. Schlußkapitel).

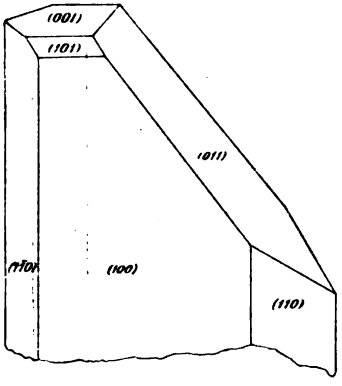


Fig. 19.

Rechtsweinsäure bildet in seiner Lösung ebenfalls Zwillinge nach (100); sie sind stets mit den analogen Polen verwachsen, jedoch häufig ebenso wie Rohrzuckerzwillinge etwas mit je einer Fläche von {100} übergreifend und längs einer unebenen Fläche zusammengesetzt (Fig. 20). Die einfachen Individuen dagegen sitzen meist mit einem Ende von $\dot{c}$ fest (Fig. 19); wir kommen hierauf im Schlußkapitel zurück. Die Zwillinge erhielt ich ringsum ausgebildet. Aus Lösungen, die gleichzeitig an saurem Mag-

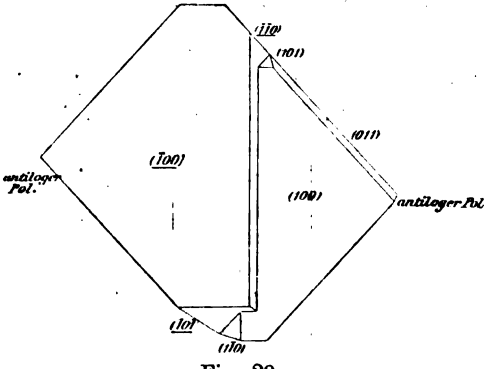


Fig. 20.

Digitized by Google

nesiumtartrat gesättigt waren, kristallisierten kleine, ringsum ausgebildete oder mit $\dot{c}$ aufgewachsene Zwillinge der üblichen Form, nur etwas mehr nach $\dot{c}$ gestreckt und mit den antilogen Polen verwachsen (Fig. 21).

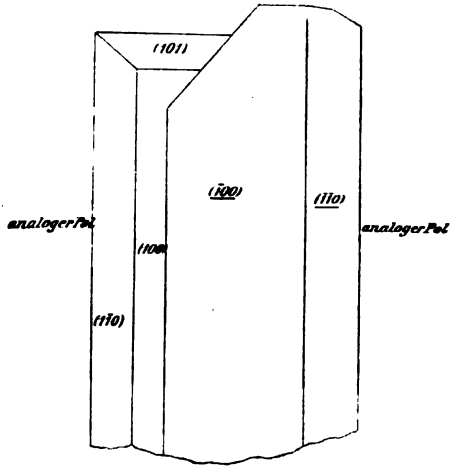


Fig. 21.

Löslichkeit von Rechtsweinsäure auf (010) und ($0\bar{1}0$).

Versuch I.

T. = 16°. Reine Lösung, 10 cm³. Konzentration = ½ Sättigung. Kanten des Parallelepipeds (s. Rohrzucker) = 3 mm, 6 mm, ½ mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von ($0\bar{1}0$)	(010)
0	50	50
4½	45	46
6	43,5	44,5
7½	42	43
9	41	42
10½	40	41
12	39	40
13½	38	39
15	37	38
16½	36	37
18	35	36

Digitized by Google

Versuch II.

T. = 16°. Reine Lösung, 10 cm³. Konzentration = $\frac{2}{3}$ Sättigung. Parallelepiped mit den Kantenlängen 3 mm, 4 mm, $\frac{1}{2}$ mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von ($0\bar{1}0$)	(010)
0	50	50
1	49	49
3	46	47
6	43	44
8	41	43
9	40	42
11	37½	40
12	36	39
16	30	35
19	26	32
21	24	30
23	20	27

Versuch III.

T. = 16°. Reine Lösung, 10 cm³. Konzentration = $\frac{2}{3}$ Sättigung. Kanten des Parallelepipeds = 2 mm, 2½ mm, ½ mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von ($0\bar{1}0$)	(010)
0	38	38
1	36	36
2	35	35
5	32	32
7	30	30
9	26	26½
10	24	25
12	21	23
16	15	19
20	9	15
22	4	12

Versuch IV.

T. = 16°. Reine Lösung, 10 cm³. Konzentration = $\frac{1}{3}$ Sättigung. Dimensionen wie III.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von ($0\bar{1}0$)	(010)
0	50	50
4½	41	42
6	38	39
7½	35	36
9	31	25
12	20	30
13½	16	21

Digitized by Google

Versuch V.

T. = 16°. Reine Lösung, 10 cm³. Konzentration = ¼ Sättigung. Dimensionen 2½ mm, 3 mm, 1 mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von	
	$(0\bar{1}0)$	(010)
0	50	50
1½	31	32
3	25	26
4½	18	22
6	11	18
7½	5	15

Versuch VI.

Temperaturabfall von 70 auf 25° C. während des Versuchs. Reine Lösung, 10 cm³. Konzentration = ¼ Sättigung (bezogen auf 25°). Dimensionen = 3 mm, 4 mm, 1 mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von	
	$(0\bar{1}0)$	(010)
0	33	33
1	31½	31½
2	31	31
3	30	29½
4	29	29
5	27½	27½
6	26	26
7	25	25,5
9	23	24
11	20½	22
12	19	21½
13	18	20½
14	17	20
15	16	19
17	14	17
21	8	13
25	4	10½
26	2	9

Digitized by Google

Versuch VII.

T. = 16°. Lösungsmenge = 10 cm³. Konzentration = ¾ Sättigung an Weinsäure und an saurem weinsauren Magnesium. Dimensionen = 3 mm, 4 mm, ½ mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von	
	$(0\bar{1}0)$	(010)
0	50	50
2	48	49
5	45½	47
6½	44	46
9	41	44
12	37	41
14	34	39
15	32	38
17	28	35
18	26	34
21	22	31

Versuch VIII.

Ebenso. Dimensionen = 3 mm, 5 mm, ½ mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von	
	$(0\bar{1}0)$	(010)
0	50	50
1	49	49
2½	48	49
3	47	48
4½	45	47
6½	42	46
7½	40	45
9	37	44
12	34	43
16	30	40
18	27	39
20	24	37
22	22	36
24	19	34
26	17	33

Digitized by Google

Versuch IX.

T. = 16°. Konzentration = ½ Sättigung an Säure und Salz. Lösungsmenge = 10 cm³. Dimensionen = 4 mm, 8 mm, 1 mm.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von ($0\bar{1}0$)	Zentraldistanz von (010)
0	45	45
1	44	44
2	43	43
3	42	42
4	42	42
6	40	40
7	40	40
9	39	39
10	38½	38
12	38	37
15	37	37
17	36½	36½
21	35½	36½
22	35	36
26	34	35½
30	32½	34½
35	30	32
41	27	29½
44	24	26½
46	18	21
53	11	15
58	8	13

Es ist also stets ($0\bar{1}0$) leichter löslich als (010) und zwar nicht nur in reinen Lösungen bei Temperaturen von 16—70°, sondern auch in den an saurem Magnesiumtartrat reichen Lösungen, obwohl diese Zwillinge mit entgegengesetztem Verwachsungspol liefern. Auf den letzteren Punkt kommen wir unten zurück.

Es sei noch erwähnt, daß aus reiner Lösung von Linksweinsäure nach mehrmaligem Umkristallisieren sich kleine Zwillinge abschieden, die analog den gewöhnlichen Zwillingen der Rechtsweinsäure verwachsen waren, jedoch besonders weit mit je einem (100) übergriffen und wie die einfachen Kristalle der Weinsteinsäure mit einem Ende von $\bar{c}$ aufgewachsen waren.

Digitized by Google

Lithiumsulfat[1] kristallisiert, wie oben beschrieben, aus reiner Lösung in einfachen Kristallen, die oft mit dem analogen Pol aufgewachsen sind; K_2SO_4-haltige Lösungen liefern fast lediglich Zwillinge zweier gleicher Individuen nach (I03), zuweilen auch gleichzeitig Ergänzungszwillinge zweier ungleicher; die analogen Pole sind meist versteckt.

Löslichkeit von Lithiumsulfat am analogen und am antilogen Pol.

T. = 16°. K_2SO_4-reiche Lösung, 10 cm³. Es wurden (010) und (0I0) angeschliffen, die Zone [010] blieb unberührt; aufliegend auf (103), Höhe = ½ mm, $\overset{\perp}{b}$ = 2 mm; gezüchtet in reiner Lösung.

Versuch I.

Konzentration = ⅔ Sättigung.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von analog. Pol	antilog. Pol
0	40	40
4	36	36
5	35	35
6	33	34
7	32	33
8	31	32½
9	30	32

Versuch II.

Konzentration = ½ Sättigung.

Zeit in Min.	Zentraldistanz vom analog. Pol	antilog. Pol
0	35	35
3	31	31
5	29	29
6	28	28
8	26	26
10	23	23
15	18	18
17	15	15
20	12	12
22	8	8

[1] Vielleicht ist es kein Zufall, daß alle bisher bekannten Lithiumsulfatverbindungen hemimorph kristallisieren; es sind dies: $KLiSO_4$ und Isomorphe, $NaLiSO_4$, $3Na_2SO_4 . Li_2SO_4 . 12H_2O$ und $Li_2SO_4 . H_2O$.

Digitized by Google

Nach Versuch I scheint der analoge Pol in der Tat etwas leichter löslich zu sein als der antiloge; dazu wurden in beiden Fällen die Ecken des analogen Pols stärker zugerundet als die andern; aus letzterem Grund mußten die Versuche leider frühzeitig abgebrochen werden.

Linksdrehende Desmotroposantonigsäure wächst nach BRUGNATELLI[1] in Essigäther, Alkohol, Essigsäure oder Mischungen dieser Stoffe stets mit den antilogen Polen zu Gruppen zusammen.

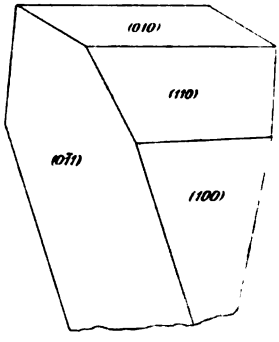


Fig. 22.

Rechtsweinsaures Antimonoxyd-Cinchonin; es verwachsen nach TRAUBE[2] stets mehrere Kristalle (Formen: {100}, {001}, {$\bar{1}$01}, {1$\bar{1}$0}) mit den antilogen Polen (010) zu Aggregaten.

Rechts-Limonen-β-Nitrol-Piperidid bildet ebenso wie sein Antipode nach P. BEYER[3] fast stets Zwillinge nach Art der Karlsbader; es wird jedoch über den Verwachsungspol nichts angegeben.

Äthylester des Camphorylhydroxylamins; aus Petroläther.

$$\dot{a} : \overset{\perp}{b} : \dot{c} = 1{,}38948 : 1 : 0{,}58699, \quad \beta = 75^{\circ}\,50'$$

Formen: {001}, {100}, {101}, {110}, {1$\bar{1}$0}.

Häufig mit dem antilogen Pol aufgewachsen; dieser ist weniger glatt als der analoge.

Milchzucker. Kristalle der Form {010}, {100}, {110}, {0$\bar{1}$1} zeigten sich stets mit dem durch (0$\bar{1}$1) ausgezeichneten analogen Pol aufgewachsen (Fig. 22).

Monoklin-hemiedrische Substanzen.

Skolezit. G. FLINK (dies. Jahrb. 1894. II. p. 226) fand unter den Skoleziten von Berufjord (Island) sehr selten einfache Kristalle; an diesen nun war „die Hinterseite in der Säulenzone nie ausgebildet", es traten hier vielmehr nur Ab-

[1] Zeitschr. f. Krist. **27**. 87. 1897.
[2] Ebenda. **29**. 601. 1898.
[3] Zeitschr. f. Krist. **18**. 302. 1890.

Digitized by Google

druckflächen auf. Kurz darauf wurde die Hemiedrie des Skolezit durch Rinne (dies. Jahrb. 1894. II. p. 51) an Isländer Zwillingen sicher festgestellt; als Verwachsungsfläche ergab sich ($\bar{1}00$). Wir dürfen wohl letzteren Verwachsungspol der Zwillinge mit dem von Flink beobachteten, aber nicht fixierten Aufwachsungspol der einfachen Kristalle identifizieren. Die nach $\dot{c}$ verzwillingten Kristalle sind nun mit einem Ende von $\dot{c}$ aufgewachsen, Ätzversuche ergeben, daß es das in Rinne's Figuren nach unten gestellte ist. Die Spitzen der mit kalter HNO_3 auf {010} hervorgerufenen Ätzfiguren sind dem freien Ende zugewendet. Die durch Aufwachsung resp. Verwachsung gedeckten Pole $-\dot{c}$ resp. ($\bar{1}00$) verhalten sich übrigens pyroelektrisch gleich (analoger Pol) ebenso bilden die zwei freien Pole $+\dot{c}$ und (100) zusammen den antilogen Pol.

Klinoedrit von Franklin, N. J., ist nach Penfield und Foote[1] meist mit dem unteren (durch {$\bar{1}3\bar{1}$} und {$\bar{1}2\bar{1}$} ausgezeichneten) Ende aufgewachsen.

Enantiomorphie und Zwillingsbildung.

Vorbemerkung.

John Herschel hatte 1820 die von Biot entdeckte Rechts- und Links-Zirkularpolarisation von Quarzkristallen zu den schon von Hauy beobachteten gewendeten Formen in Beziehung gesetzt; in der Folgezeit wurden durch Marbach u. a. ähnliche Relationen an anderen Körpern aufgefunden und 1860 entdeckte Pasteur, daß die zuerst von Biot beobachtete optische Aktivität gelöster Stoffe mit Sicherheit auf gewendete Kristallformen derselben schließen lasse. Pasteur zeigte sodann experimentell die typischen Unterschiede in der Kristallisation von traubensaurem Natrium-Ammonium einerseits und von ameisensaurem Strontium anderseits, wobei er für die Tartrate eine Unsymmetrie des Moleküls, für das Formiat eine solche des Kristallbaues geltend machte. Die erstere Annahme bildet den Ausgangspunkt für die van't Hoff-Le Bel'sche Hypothese vom sogen. „asymmetrischen Kohlenstoffatom", dem ein unsymmetrisches (fünfwertiges) Stickstoff-

[1] Zeitschr. f. Krist. 30. 587. 1899.

Digitized by Google

atom sowie seit neuerdings unsymmetrische Schwefel- und Zinn-Atome an die Seite gestellt werden können. Die andere Annahme hat, unterstützt durch den Effekt der Reusch'schen Glimmerkombination zu Vorstellungen über schraubenförmige Anordnungen von Kristallbausteinen geführt. Aber abgesehen davon, daß die Ursache solcher Gruppierungen doch wiederum auch nur in einer gewissen Form der Teilchen oder in einer bestimmten Verteilung ihrer Anziehungsvektoren gesucht werden könnte, zeigt die allgemeine Strukturlehre, daß Anordnungen, die mit ihrem Spiegelbilde nicht kongruent sind, nur in einigen der elf betreffenden Symmetrieklassen, die übrigens sämtlich verwirklicht zu sein scheinen, auftreten können (A), in andern nicht (B).

A. Regulär, plagiedrische Hemiedrie.
„ Tetartoedrie.
Hexagonal, trapezoedrische Hemiedrie.
„ „ Tetartoedrie.
„ 1. hemimorphe „
„ Ogdoedrie.
Tetragonal, trapezoedrische Hemiedrie.
„ hemimorphe Tetartoedrie.
Rhombisch, Hemiedrie.
B. Monoklin, Hemimorphie.
Triklin, Hemiedrie.

Und auch für die zwei Klassen von B. sind Vertreter ohne aktive Lösungen und ohne „asymmetrische Atome" gefunden worden. Man muß also, will man überhaupt von der kristallographischen Seite her Anschluß an die Molekularhypothese gewinnen, mit enantiomorphen Molekeln[1] operieren.

[1] Da man nun von manchen Verbindungen, wie z. B. SiO_2 und HgS eine durch enantiomorphe Individuen ausgezeichnete und eine nicht derartig beschaffene Modifikation kennt, so könnte man annehmen, daß jede Verbindung in enantiomorphen Molekeln auftritt, daß letztere aber meist in gleicher Anzahl und gleichmäßiger Verteilung zu einem nicht enantiomorphen Kristall zusammentreten. (Die feine Zwillingsschichtung der Amethyste könnte solche Vorstellungen vielleicht noch unterstützen.) Letzteres ist uns besonders dann wahrscheinlich, wenn die der Enantiomorphie der Molekeln zugrunde liegende Unsymmetrie nicht sehr ausgeprägt ist; denn wir nehmen in analoger Weise eine die Symmetrie erhöhende Zwillingsbildung verknüpft mit entsprechenden Umwandlungen besonders

Digitized by Google

Wenn man solche Körper mit den durch ein sogen. „asymmetrisches Atom“ ausgezeichneten ihrem Verhalten nach vergleicht, so findet man nicht nur die gleichen Symmetrieverhältnisse bei Coniineisenalaun und bei Natriumchlorat, bei Strychninsulfat und bei Nickelsulfat, bei Weinsäure und Lithiumsulfat etc., sondern auch bittersalzähnliche Ergänzungs-Zwillinge von Rechts- und Links-Asparagin und quarzähnliche Zwillinge von Rechts- + Links-Rubidiumtartrat, und Zirkularpolarisation am Zinnober wie am Maticokampfer, am Bittersalz wie am Rohrzucker, und anscheinend gleichen Energie-Inhalt der beiden Komplementärkörper hier und dort. Nur liefern sie in dem einen Fall identische Lösungen, in dem andern dagegen nicht; in letzterem Fall ist also die Umwandlungsgeschwindigkeit viel geringer, bei Weinsäure erreicht dieselbe erst bei etwa 170° (in wässeriger Lösung) merkliche Beträge. Anderseits findet man bei Substanzen ohne „asymmetrisches Atom“ nicht selten der Individuenzahl und der Masse nach die eine Kristallart überwiegen, wie wir

---

häufig an solchen Substanzen wahr, die von vorn herein pseudosymmetrisch sind. Bedenkt man nun, daß wir nur in der Valenz eines Atoms einen Anhaltspunkt für Formvorstellungen haben, und nimmt die einzelnen Valenzen — ganz abgesehen von ihrer Absättigung — als verschiedenartig an, so wird man enantiomorphe Körper besonders unter den Verbindungen suchen, die durch höher wertige Atome ausgezeichnet sind. Die Erfahrung lehrt, daß einem Sulfid mit zweiwertigem S, nämlich dem Zinnober, zahlreiche Sulfate, Dithionate und Hyposulfide mit sechswertigem S gegenüberstehen; wie Langbeinit, $NaLiSO_4$, $NiSO_4 . 6H_2O$, $MgSO_4 . 7H_2O$, $Li_2SO_4 . H_2O$, $PbS_2O_6 . 4H_2O$, $K_2S_2O_6$, $CaS_2O_3 . 6H_2O$; daß dem $NaClO_3$ und dem $NaJO_4 . 3H_2O$ mit siebenwertigem Halogen nur eines der so zahlreichen Haloidsalze mit einwertigem Halogen, nämlich KCl (und Isomorphe) gegenübersteht. Ferner: Verbindungen des vierwertigen Si (Quarz, Nephelin, ? Leukophan) und des vierwertigen C (Strontiumformiat, Benzil, Isobenzil, Guanidincarbonat, Äthylendiamid, Diacethylphenolphthalein, Sulfobenzoltrisulfid, Sulfotoluoltrisulfid u. a., sowie des fünfwertigen N, nämlich $Ba(NO_3)_2$. Dazu kommen noch mehrere von den doch nur in geringer Zahl untersuchten Verbindungen seltenerer Elemente mit hoher Valenz ($\geqq 4$) wie $NaUO_3(CH_3COO)_3$, $Na_3SbS_4 . 9H_2O$, $NaSrAsO_4 . 9H_2O$, $K_4SiW_{12}O_{40} . 18H_2O$, ? Wulfenit. Unter den wenig untersuchten Elementen ist nur der rhombische Schwefel als wahrscheinlich hierhergehörig bekannt (s. unten).

Im übrigen werden erst künftige Tatsachen über diese höchst unsicheren Vermutungen entscheiden.

Digitized by Google

dies unten z. B. an Schwefel, Bittersalz, Sylvin im Gegensatz zum Quarz kennen lernen werden.

Auch in der Zwillingsbildung macht sich die Enantiomorphie in besonderer Weise geltend, indem nämlich jedes Zwillingsgesetz drei Fälle liefert, je nachdem zwei Kristalle der einen Art oder zwei von der anderen Art oder je einer von beiden Arten verwachsen. Oft findet man alle drei Fälle an einem und demselben Kristall oder an verschiedenen Kristallen derselben Mutterlauge verwirklicht, wie manchmal am Quarz, am Lithiumsulfat u. a. Sind dagegen die einfachen Kristalle alle oder zumeist von einer Art, so pflegt daneben auch nur der eine Fall von Zwillingsbildung vorhanden zu sein, wie am Sylvin die Zwillinge zweier gleicher Kristalle nach (111) und am Bittersalz die Zwillinge zweier gleicher Individuen nach (110). Umgekehrt ergaben freilich Mügge's Untersuchungen an fast 1000 pyrogenen Quarzkristallen, daß trotz ungefähr gleicher Häufigkeit von rechts- und von linksdrehenden Individuen Zwillinge ungleicher Kristalle ganz außerordentlich selten waren. Ferner scheinen in einem Quarzkristall niemals rechte und linke Individuen nach dem Schweizer Gesetz verwachsen zu sein, wenn nicht gleichzeitig Verwachsung zweier gleicher Individuen nach diesem Gesetz sowie Brasilianer Zwillinge vorliegen; die beiden letzteren Verwachsungen kommen unabhängig voneinander vor, die erstere scheint lediglich indirekt aus jenen hervorzugehen. Dagegen bestehen die Zwillinge von Natriumuranylacetat nach (111), diejenigen nach (112) und diejenigen nach (101) bald aus gleichen, bald aus ungleichen Individuen, während wiederum die regulär-tetartoedrischen Nitrate entsprechend den Einzelindividuen einer und derselben Art auch Zwillinge nur mittels gleicher Individuen aufbauen. Vielfach wird es sich wohl auch hier lediglich um Konsequenzen des Oberflächenminimums handeln, zuweilen aber werden vielleicht noch andere Ursachen ins Spiel treten, hierfür spricht nicht nur das Vorherrschen der einen Kristallart bei Schwefel, Sylvin und Reichardtit, sondern ganz besonders z. B. die eigentümliche Zwillingsschichtung der Amethyste längs den Flächen von $\{10\bar{1}1\}$, weil die Löslichkeit dieser Flächen nur unter ganz eigenartigen äußeren Be-

Digitized by Google

dingungen eine für Rechtsquarz und für Linksquarz verschiedene sein kann.

Im folgenden mögen nun einige Beobachtungen über die relative Häufigkeit von beiderlei Individuen natürlicher und künstlicher Substanzen sowie Versuche über den Einfluß von Keimen und von Lösungsgenossen und auch über die Entstehung von Zwillingen enantiomorpher Kristalle mitgeteilt werden. Hoffentlich wird diese Nebeneinanderstellung von scheinbar heterogenen Dingen durch spätere Ergebnisse gerechtfertigt.

Regulär-tetartoedrische und -plagiedrische Substanzen.

Schlippe's Salz ($Na_3SbS_4 . 9H_2O$). Aus reiner wässeriger Lösung schieden sich bei 16° C. mehr oder weniger gerundete, bis zentimetergroße mit etwas Sb_2O_5 überkleidete, enantiomorphe Kristalle aus von der Form: {100}, {110}, {111} groß, {102}, {112}, {1$\bar{1}$1} klein, {012} klein, {1$\bar{1}$2} klein und zuweilen ein stark gerundetes negatives rechtes Tetartoeder an den rechtsdrehenden Kristallen; die linksdrehenden Individuen entsprachen dem Spiegelbild.

Es entstanden stets mehr rechtsdrehende Kristalle, so lieferten z. B. zwei freiwillige Kristallisationen 5 L neben 20 R und 31 L neben 33 R. Zwillinge wurden trotz langen Suchens nicht sicher beobachtet.

Natriumstrontiumarseniat ($NaSrAsO_4 . 9H_2O$). Dufet[1] fand betreffend diesen Körper, auf dessen chemische Analogie mit dem vorhergehenden hier aufmerksam gemacht sei, daß sich infolge von Verdunstung einer wässerigen Lösung 50 Kristalle von der Form {100}, {110}, {111}, {102} ausschieden, 2 Individuen der entgegengesetzten und 50 ohne entscheidenden Habitus. Drehungsvermögen wurde nicht beobachtet, Zwillinge werden nicht erwähnt.

Natriumchlorat. Hier beobachtete schon Gernez[2] Ausscheidung von Kristallen von der Art des in die Lösung gebrachten Keimes. Landolt[3] impfte eine übersättigte reine

[1] Bull. Soc. franç. Min. **11**. 143. 1888.

[2] Pogg. Ann. **134**. 625. 1868.

[3] Das opt. Drehungsvermögen 1898. p. 12.

Digitized by Google

Lösung, brachte eine bestimmte Menge der ausgeschiedenen Kriställchen in ein Äther-Schwefelkohlenstoff-Gemisch von ungefähr gleichem Brechungsvermögen und konstatierte mit dem Polaristrobometer, daß sich fast lediglich Kristalle von dem Drehungssinn des Keimes gebildet hatten. KREIDER[1] fand, daß sich in reiner Lösung meist Kristalle von der Art des zuerst ausgeschiedenen bildeten; die Prüfung geschah mit einer die Teinte sensible liefernden Natriumchloratplatte. Ich erhielt aus reinen Lösungen bei Temperaturen von -6 bis $+30^0$ stets mehr rechtsdrehende Kristalle: (-6^0) 13 L + 14 R, (0^0) 1 L + 20 R, ($+3^0$) 8 L + 11 R, ($+16^0$) 1 L + 18 R, (30^0) 8 L + 15 R. Unter den von MERCK bezogenen Körnern kamen 12 L auf 11 R, es traten also beiderlei Kristalle in ungefähr gleicher Menge auf.

KIPPING und POPE[2] erhielten nach Zusatz von 200 g Dextroglukose pro 1 l gesättigter Lösung mehr L, ebenso nach Zusatz von 50—60 g Mannitol pro 1 l; nach Zusatz von 50 g Isodulcitol mehr R. Aus rechtsweinsaurer Lösung erhielt ich wie aus reiner mehr R, z. B. 5 L auf 13 R. Um einen etwaigen Einfluß der Weinsteinsäure sicher festzustellen, wurde aus einem rechtsdrehenden und aus einem linksdrehenden Kristall je ein Parallelepiped mit $3 \times 3 \times 1$ mm Kantenlängen [100] hergestellt; sie lagen mit einer Tafelfläche auf und stießen mit je 4 Kanten genau aneinander. Lösungsmittel: 5 cm³ gesättigter $NaClO_3$-Lösung + 5 cm³ gesättigter Weinsteinsäurelösung. T. = 16^0. Die Lösungsversuche wurden wie die obigen u. d. M. mit Hilfe eines Okularmikrometers bewerkstelligt.

Zeit in Min.	Zentraldistanz von	
	$(0\bar{1}0)$ L	(010) R
0	45	45
3	41	42
7	38	40
12	36	39
17	34	38
19	33	37
21	32	36
23	30.5	35

[1] Amer. Journ. Science **8** 133. 1899.
[2] Zeitschr. f. Krist. **26**. 562. 1896.

Digitized by Google

Ein zweiter Versuch — Kantenlängen des Parallelepipeds $= 3 \times 3 \times \frac{1}{2}$ mm — ergab:

Zeit in Min.	Zentraldistanz von (0$\bar{1}$0) L	(010) R
0	45	45
2	43,5	44
4	41	42,5
5	40	42
7	39	40,5
8	38,5	39,5
10	37,5	38

Es geht aus diesen Versuchen eine bestimmte Löslichkeitsdifferenz nicht ganz sicher hervor, weitere Versuche unterließ ich wegen der Chlorentwicklung.

Groth[1] gibt an, daß sich unterhalb 0° Ergänzungszwillinge von R und L bilden, in denen sich zwei Tetraeder durchkreuzen; Zwillinge zweier gleicher Individuen nach (101) scheinen also nicht darunter gewesen zu sein; ich erhielt bis herab auf Temperaturen von — 6° C. stets einfache Kristalle der Form {100}.

Strontiumnitrat, Baryumnitrat, Bleinitrat. L. Wulff[2] erhielt an Kristallen von $Sr(NO_3)_2$ und von $Pb(NO_3)_2$ Tetartoeder stets nur an demjenigen Tetraeder, das sich in verdünnter Lösung nach dem Würfel hin scheller zurundete und das er {1$\bar{1}$1} nennt, und zwar waren es stets rechte Tetartoeder.

Von $Ba(NO_3)_2$ bezog Wulff zwei Quanten zu zwei verschiedenen Zeiten, die Kristalle aus der Lösung des einen waren von der obigen Art, diejenigen aus der Lösung des anderen aber von der entgegengesetzten. Ich erhielt aus Lösungen von $Sr(NO_3)_2$ bezw. von $Pb(NO_3)_2$ die Wulff'sche Kristallart[3], aus solchen von $Ba(NO_3)_2$ anscheinend beide

[1] Physik. Kristallographie p. 503. 1895.

[2] Zeitschr. f. Krist. 4. 122. 1880.

[3] Das Verständnis der Wulff'schen Arbeit ist dadurch ein wenig erschwert, daß Wulff den Tetraederflächen einer und derselben Löslichkeit (in reiner verdünnter Lösung) ein bestimmtes Vorzeichen gibt und sodann rechte und linke Tetartoeder unterscheidet; wir werden zwei

Digitized by Google

Arten gleichzeitig. In der hiesigen Sammlung finden sich beiderlei Individuen von $Pb(NO_3)_2$ der Form: {111}, {1$\bar{1}$1}, {201}, indem bald {111}, bald {1$\bar{1}$1} klein und perlmutterglänzend ist.

Zwillinge zweier gleicher Kristalle nach (112) sind häufig.

Langbeinit. Lüdecke[1] beschrieb einen Kristall von Solvayhall bei Bernburg (Anhalt) mit {100}, {110}, {210}, {310}, {111} klein, {1$\bar{1}$1} groß und mit Ätzfiguren bedeckt, {2$\bar{1}$1}, {221}, Sodann hat Sachs[2] 8 Kristalle von Löderburg bei Staßfurt bekannt gemacht und sie auf Grund der Tetraederflächenbeschaffenheit anscheinend analog obigem aufgestellt; sicher sind derartige Parallellisierungen keineswegs, so fanden z. B. Pope und Kipping[3] an den aus einer und derselben Lösung abgesetzten Kristallen des rhombisch-sphenoidischen Kampfersulfonsäurebromids meist {111} vor {1$\bar{1}$1} vorherrschend, zuweilen aber auch umgekehrt. Manche von Sachs' Kristallen zeigten beide Pyritoeder, andere nur das positive, wieder andere nur das negative. Sechs Kristalle zeigten {210} groß und matt und {201} glänzend, die zwei anderen umgekehrt. Betrachten wir die zwei letzteren als enantiomorph[4] zu den sechs ersteren und stellen sie invers auf, so erhält {210} an sämtlichen acht Individuen die gleiche matte Flächenbeschaffenheit, ebenso {201} die gleiche glänzende. Der im hiesigen Institut befindliche Kristall von Löderburg zeigt, wenn man das große matte Pyritoeder = {210}, das kleine glänzende = {201} setzt, {111} groß und uneben, {1$\bar{1}$1} klein und glatt. Von den nunmehr beschriebenen 9 Löderburger Kristallen scheinen also 6 zur einen, 3 zur anderen Art zu gehören.

— — —

Enantiomorphe stets so aufstellen, daß jedes durch Inversion aus dem andern hervorgeht, so daß also (1$\bar{1}$1) eines L-Kristalles und (111) eines R-Kristalles in bezug auf Größe, Rauheit, Löslichkeit in reiner Lösung, Thermoelektrizität etc. einander entsprechen.

[1] Zeitschr. f. Krist. **29**. 251. 1898.

[2] Sitzungsber. K. Akad. Wiss. **19**. 376. Berlin 1902.

[3] Zeitschr. f. Krist. **25**. 240. 1895.

[4] Sachs ist hier offenbar gerade so verfahren wie Wulff mit den Nitraten, s. oben.

Digitized by Google

Natriumuranylacetat. Aus reiner Lösung kristallisierten bei 16° rechtsdrehende Kristalle mit {100} selten und klein, {110}, {111} groß, {1̄11} klein und linksdrehende entsprechend, erstere waren zahlreicher. Keime erwiesen sich als von großem Einfluß; so ergab Impfung übersättigter Lösungen mit einem R-Kristall 1. 33 R, 7 L: 2. 23 R, 5 L; und mit einem L-Kristall 1. 40 L, 3 R; 2. 40 L, 1 R.

Um den Einfluß des Übersättigungsgrades auf die Größe des Impfeffektes zu studieren, kann man eine bei 16° gesättigte Lösung innerhalb eines graduierten Reagenzglases von 35 cm³ durch Erhitzen im Wasserbad etappenweise übersättigen, jedesmal 5 cm³ der Lösung abheben, diese in geschlossenem Gefäß sich auf 16° abkühlen lassen und mit einem Kristall impfen, den man vorher mit geglühter Pinzette einige Sekunden in destilliertes Wasser taucht, um ihn von etwaigen anhaftenden Partikeln entgegengesetzten Drehungssinnes zu befreien. Da das abgeschiedene Kristallpulver meist so reichlich ist, daß es als kristallines Aggregat weiterwächst, so bringt man sogleich einen kleinen Teil desselben in ein anderes Gefäß mit gesättigter Lösung; sobald die Durchmesser auf 1—2 mm angewachsen sind, läßt sich der Drehungssinn leicht u. d. M. feststellen. Die Übersättigung von bestimmtem Grade ergibt sich so: 1. Hat man p cm³ Lösung von der Konzentration c_1 und will durch Verdampfen von x cm³ Lösungsmittel die Konzentration c_2 erhalten, dann ist $x = p\left(1 - \frac{c_1}{c_2}\right)$. 2. Hat man p cm³ von der Konzentration c_1 und will durch Hinzufügen von x cm³ gesättigter Lösung die Konzentration c_2 erhalten, dann ist $x = p\frac{c_2 - c_1}{1 - c_2}$. Man kann also durch Nachfüllen einer bei 16° gesättigten Lösung in das graduierte Gefäß beliebige schwächere Übersättigungen, durch Verdampfen beliebige stärkere gewinnen, ohne für jeden Versuch mit neuer gesättigter Lösung beginnen zu müssen. Schließlich sei ein Punkt der 16°-Isotherme des Doppelsalzes festgelegt: Löst man 30,1 g in H_2O auf, so beginnt die Ausscheidung, sobald die Verdunstung das Volumen auf 1 l reduziert hat.

Digitized by Google

Impfversuche mit rechtsdrehendem Kristall (R).

Übersättigung[1]	Anzahl der L	Anzahl der R	Impfeffekt[2]
1,00	13	29	2,23
1,03	10	23	2,30
1.09	10	25	2,50
1,14	7	22	3,14
1,20	1	40	40,00
1,26	1	45	45,00
1,31	1	45	45,00
1,34 (labil)	14	11	0,79
1,34 „	5	20	4,00

Der Impfeffekt wächst also zuerst langsam, dann rapide mit der Übersättigung an; daß er weiterhin zwischen 1,20 und 1,31 Übersättigung sich nur wenig ändert, dürfte ohne Bedeutung sein, da hier der Quotient naturgemäß sehr unsicher werden muß. Bei 1,34-Übersättigung trat zu Beginn der Abkühlung spontane Kristallisation ein, die Grenze von metastabilem und labilem Gebiet liegt bei 16° also zwischen 1,31 und 1,34 Übersättigung.

Zusatz von Rohrzucker, Traubenzucker oder rechtsweinsaurem Natron (reine Weinsäure zersetzt das Doppelsalz) ließen einen Einfluß auf das Mengenverhältnis beider Kristalle nicht mit Sicherheit erkennen; stets waren, wie in reinen Lösungen, die rechtsdrehenden Individuen in der Überzahl.

Über die Zwillinge ist bereits berichtet worden.

Sylvin und Salmiak. Auf Spaltungsblättchen dreier Sylvinkristalle von Staßfurt erhielt ich in reiner verdünnter Lösung je vier Systeme von Ätzflächenstreifen, deren Längsrichtung im Uhrzeigersinne um 10—20° gegen die Würfelkanten gedreht waren; sie entsprachen, wie die Flächen der von Brauns (dies. Jahrb. 1889. I. p. 127) und von Linck[3] seinerzeit erhaltenen kleinen vierflächigen Ätzgrübchen, rechten Plagiedern. Ebensolche Systeme (ähnlich den am Strychnin-

[1] Übersättigung = Konzentration, ausgedrückt in Bruchteilen der Sättigungskonzentration.

[2] „Impfeffekt" = $\frac{\text{Anzahl der R}}{\text{Anzahl der L}}$

[3] Min. Mitt. 12. 82. 1892.

Digitized by Google

sulfat beobachteten) entstehen auf künstlichen Kristallen, sie liegen wie oben.

Ziemlich häufig sind Zwillinge nach (111), die man auch als solche nach (112) definieren kann; sie erscheinen sämtlich aus gleichartigen Individuen der obigen Sorte zusammengesetzt[1].

An künstlichen Salmiakwürfeln erhielt ich keine deutlichen Ätzfiguren. Scacchi beschrieb Zwillinge vom Vesuv nach (111), ich künstliche Durchkreuzungszwillinge nach Flußspatart; in beiden Fällen bleibt es unentschieden, ob es sich um zwei gleiche oder um zwei ungleiche Individuen handelt.

Das über KCl Gesagte scheint auch für die von Sprockhoff (dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVIII. 1904. p. 123) beschriebenen Individuen von KBr, RbCl, RbBr und CsBr zu gelten.

Tetragonal-trapezoedrische und hemimorph-tetartoedrische Substanzen.

Nickelsulfat. Baumhauer[2] beobachtete, daß die auf (001) mittels stark konzentrierter Lösung oder mittels Alkohol-Wasser-Gemisch erhaltenen Ätzflächen an fünf Kristallen rechten Trapezoedern, an zwei Kristallen dagegen linken entsprechen. Mit den zwei letzteren scheinen die beiden Kristalle der hiesigen Sammlung (von der Form {001}, {111}, {112}, {113}; {101} und {100} z. T.) übereinzustimmen, die ich mit einem Gemisch von 1 Teil Alkohol + 2 Teile Wasser 1 Minute lang bei 16° ätzte. Ein Kristall von $NiSeO_4 . 6H_2O$ dagegen (von der Form {001}, {111}, {112}, {101}, {203}, {100}) entsprach den fünf Sulfatkristallen Baumhauer's.

Wulfenit. Groth[3] rechnet dieses Mineral zu der hemimorph-tetartoedrischen Klasse und gibt eine Naumann'sche Abbildung wieder mit {111}, {10$\bar{1}$}, {31$\bar{1}$} r., {432} r.; an anderen Kristallen sollen (001) und (00$\bar{1}$) verschieden beschaffen sein.

Auf Stufen von Přibram findet man öfters Kristalle der Form {111}, {11$\bar{1}$}, {320}, die aus zwei parallel verwachsenen

[1] Soeben erschien eine Notiz von Mügge (Centralbl. f. Min. No. 9. p. 259. 1906), der unter einer großen Anzahl künstlicher Sylvinkristalle nebst Zwillingen stets nur solche mit rechten Plagiedern beobachtete.

[2] Die Resultate der Ätzmethoden. p. 60. 1894.

[3] Physikalische Kristallographie. p. 423. 1905.

Digitized by Google

Individuen zu bestehen scheinen, sie sind symmetrisch nach (001) und könnten Ergänzungszwillinge zweier ungleicher Individuen darstellen.

Hexagonale Substanzen (trapezoedrische Tetartoedrie, 1. hemimorphe Tetartoedrie, Ogdoedrie).

Quarz. Mügge (dies. Jahrb. 1892. I. p. 1) fand unter 888 pyrogenen Quarzen etwa doppelt so viele Zwillinge zweier gleicher nach (10$\bar{1}$0) als anscheinend einfache Kristalle; R und L waren ungefähr gleich häufig, Ergänzungszwillinge von R + L äußerst selten.

An Stufen aufgewachsener Kristalle beobachtet man meist R und L nebeneinander; so wurden auf einer „Kanton Uri" etikettierten Stufe (mit Adular und Amianth) 7 Kristalle mit {5161} und 7 mit (61$\bar{5}$1) gezählt. Ergänzungszwillinge sind bekanntlich nicht nur an den aufgewachsenen Kristallen von Mexiko, Brasilien u a. O. häufig, sondern auch an den eingewachsenen von Suttrop i. W. Die Schweizer-Zwillinge besitzen unregelmäßige Verwachsungsflächen, die Brasilianer-Zwillinge verwachsen nach {10$\bar{1}$1}; ist Individuum I mit II nach ersterem, II mit III nach letzterem Gesetz verzwillingt, so ist die etwaige Berührungsfläche von I + III unregelmäßig; die Verwachsungsart I + III scheint stets nur indirekt als Folge von I + II und II + III aufzutreten.

Zinnober. Tschermak[1] gibt für den Zinnober von Nikitowka beide Quarzgesetze an; die Verwachsungsflächen sind anscheinend unregelmäßig. Nach Dana[2] treten meist linksdrehende Individuen auf.

Bleihyposulfit bildet nach Brezina[3] häufig Zwillingslamellen zweier gleicher, selten zweier ungleicher Individuen nach (0001) (oder nach (1010)), eingelagert // (0001); spärlich waren die Verwachsungen von R + L in Inversstellung (mit unregelmäßiger Grenze). Zwillinge zweier ungleicher Individuen beobachtete auch Bodländer[4] am Strontiumsalz;

[1] Min. Mitt. 7. 361. 1886.
[2] Syst. Min. p. 67. 1899.
[3] Sitz.-Ber. Wien. Akad. **64**. I. 289. 1871.
[4] Inaug.-Diss. Breslau. p. 34. 1882.

Digitized by Google

sie waren symmetrisch nach {1120}, entsprachen also dem letztgenannten Gesetz.

Nephelin bildet auf Vesuv-Stufen fast stets aus beiderlei Individuen zusammengesetzte Doppelzwillinge[1]. Das gleiche Verhalten zeigt $KLiSO_4$.

Natriumperjodat. A. S. Eakle[2] bemerkt, daß sich aus einer mit HNO_3 angesäuerten Lösung Kristalle mit herrschendem {0221} anstatt {10$\bar{1}$1} bildeten, und zwar meist linksdrehende, und daß mit dem infolge Zersetzung und Verdunstung während der Kristallisation steigenden $NaNO_3$-Gehalt die Vormacht der L zunimmt. Diese Beziehung darf man wohl anzweifeln. Groth beschreibt Ergänzungszwillinge[1] von R + L.

$K_4W_{12}SiO_{40} \cdot 18H_2O$ wurde von Wyrouboff[3] stets in rechtsdrehenden Kristallen von hexagonal-holoedrischem Äußeren erhalten.

Rhombisch-hemiedrische Substanzen.

?Schwefel. G. vom Rath[4] beobachtete am Schwefel von Roccalmuto (Sizilien) {113} vorherrschend und sphenoidisch ausgebildet, indem vier Flächen entweder fehlten oder klein und matt waren; klein traten noch {111} und {001} auf. Kenngott (dies. Jahrb. 1876. p. 41) beschreibt Exemplare von Cianciana, die sphenoidisch infolge von vier herrschenden Flächen von {111} waren, auch {113} erschien halbflächig. Die Gegenflächen waren klein oder fehlend, hinzu traten {001}, {010}, {011}, {101}. Zepharovich[5] macht ähnliche Mitteilungen über Stufen von ebendort sowie von Lercara; Formen: {111} herrschend und hemiedrisch, {113}, {001}, {011}; das Gegensphenoid war klein. Bombicci[6] machte Schwefel von zuweilen hemiedrischer Ausbildung aus den miocänen Gipsmergel-

[1] Im übrigen s. o. unter den hemimorphen Kristallen.

[2] Zeitschr. f. Krist. **26**. 562. 1896.

[3] Bull. Soc. Min. France. **19**. 249. 1896.

[4] Pogg. Ann. Ergänzungsband **6**. 349. 1873. Taf. II Fig. 22.

[5] Dies. Jahrb. 1876. 561 (Referat aus Lotos 1876); die von Dana wiedergegebene Abbildung ist (Syst. Min. p. 8. Fig. 6. 1899) versehentlich mit Swoszowice unterschrieben.

[6] Memor. R. Accad. Sc. dell' istit. Bologna. (5.) **4**. 82. 1895.

Digitized by Google

schichten der Romagna bekannt, darunter einen Ergänzungszwilling mit Durchkreuzung von R + L.

E. Erdmann[1] bemerkt, daß aus einer Probe des schwarzen Tones von Ortala Lund (Kirchspiel Vaddö), die 20 Jahre in Spiritus gelegen, Schwefel von hemiedrischem Habitus auskristallisierte; Formen: {111}, {113}, {011}, {001}, bezw. die gewendeten. Aus schwarzem Ton von Nyåkers Ziegelei (Kirchspiel Åkerby) schieden sich nach 40jährigem Liegen in absolutem Alkohol Kristalle der Form {111}, resp. {1$\bar{1}$1} aus. Schließlich beobachtete Vernadsky (dies. Jahrb. 1904. II. -9-) auf dichtem Schwefel von Giik-Salgan (Kaukasus), der mit Gips, Eisensulfaten und Halotrichit vergesellschaftet war, Kristalle mit {112}, {113}, {115}, {1$\bar{1}$3}, {1$\bar{1}$5}, {221}, ?{1$\bar{1}$2}; Vernadsky fand an Kristallen von Comitini und Roccalmuto (Sizilien), sowie an künstlichen aus Terpentin erhaltenen Exemplaren hemiedrische Formen. Da Terpentin optisch aktiv ist, waren vielleicht die meisten Kristalle von einerlei Art, jedoch liegen Angaben über das Mengenverhältnis beider Arten anscheinend leider in keiner der obigen Arbeiten vor. Eine im hiesigen Institut befindliche Stufe von Girgenti weist nun Kristalle von durchweg sphenoidischer Ausbildung auf, die neben kleinen {001}, {011}, {113}, {1$\bar{1}$3} stets groß {111} und verschwindend klein {1$\bar{1}$1} zeigen, 30 Kristalle, alle von der gleichen Art. Gerade der letztere Umstand scheint sehr für hemiedrische Natur des rhombischen Schwefels zu sprechen, die ja auch bereits mehrfach[2], besonders von den Russen, angenommen ist; G. vom Rath bildet ebenfalls ein rechtes, Zepharovich dagegen ein linkes Sphenoid ab. Auch die von ersterem bemerkte Differenz der Oberflächenbeschaffenheit von {113} und {1$\bar{1}$3}, sowie der von Bombicci beobachtete Ergänzungszwilling sind beachtenswert.

Nun wurden ein paar von dieser Stufe abgebröckelte Kristalle, zusammen = 1,040 g, in 25 cm^3 Schwefelkohlenstoff gelöst und in 20 cm langer Säule im Na-Licht polaristrobo-

[1] Geol. Föreu. i Stockh. Förh. **23**. 379. 1901.

[2] Miers bezeichnet in seiner Mineralogy (London 1902) die rhombische Hemiedrie als „sulphur class".

Digitized by Google

metrisch geprüft; es konnte keine Drehung außerhalb des Beobachtungsfehlers von $\pm 1'$ festgestellt werden[1].

Platten, senkrecht zu einer optischen Achse orientiert, ließen keine Zirkularpolarisation erkennen; freilich mußten dieselben infolge der starken Doppelbrechung auf $\frac{1}{8}$—$\frac{1}{15}$ mm Dicke abgeschliffen werden.

Übrigens lieferte eine Schwefelkohlenstofflösung holoedrisch ausgebildete Kristalle der Form {111}, {1$\bar{1}$1}, {113}, {1$\bar{1}$3}, {011}, {001}.

Die natürlichen sphenoidischen Kristalle wuchsen in gesättigter Schwefelkohlenstofflösung mit holoedrischer Tracht fort.

Leukophan. Nach Brögger[2] ist er rhombisch-hemiedrisch, bildet häufig Ergänzungszwillinge von R und L, verwachsen nach (001) oder nach (010), sowie Durchkreuzungszwillinge von R und L nach (110); oft sind beide Gesetze kombiniert[3].

Bittersalz. Bei 16° bildeten sich Kristalle von folgenden Formen:

Aus reiner Lösung	{110}, {010}, {111}, {1$\bar{1}$1}.
Nach Zusatz von $MgCl_2$ . . .	ebenso.
„ „ „ $(NH_4)_2SO_4$.	
„ „ „ NH_3	
„ „ „ H_2SO_4 . . .	{110}, {010}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {101}, {011}.
„ „ „ K_2SO_4 . . .	{110}, {120}, {010}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {101}, {011}, {201}, {021}.
„ „ „ Na_2SO_4 . .	{110}, {120}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {101}.
„ „ „ $CaSO_4$ . . .	{110}, {010}, {111}, {1$\bar{1}$1}, {101}.
„ „ „ $Na_4B_2O_7$ . .	{110}, {010} oft fehlend, {111}, {1$\bar{1}$1}, {101} oft fehlend.

An den aus borax- oder aus glaubersalzhaltigen Lösungen gewonnenen Kristallen — besonders an ersteren — zeigt sich ein deutlicher Gegensatz von {111} und {1$\bar{1}$1}, in-

[1] Solche Prüfungen sind an derartigen Körpern in wässeriger Lösung schon wiederholt ausgeführt worden, doch könnte man die Ergebnislosigkeit derselben gewissen Eigentümlichkeiten von H_2O zuschreiben und so schien mir die Untersuchung der CS_2-Lösung durchaus angebracht.

[2] Zeitschr. f. Krist. 16. 249. 1890.

[3] Übrigens ist $\sphericalangle 110:1\bar{1}0 = 89°39'$ Leukophan (Brögger).
$\sphericalangle 110:1\bar{1}0 = 89\ 30$ Bittersalz (Johnsen).
$\sphericalangle 110:1\bar{1}0 = 87\ 45$ Camphorylhydroxylamin (ebenfalls rhomb.-hem.) (Johnsen).

Digitized by Google

dem eine der beiden Formen stark zurücktritt oder ganz fehlt, was schon HAUER[1] bemerkte. Es genügt eine sehr geringe Menge Borax, ein größerer Betrag läßt {110} weit hinter {111} oder {1$\bar{1}$1} zurücktreten. Die Kristalle, in denen übrigens Bor kaum nachzuweisen ist, liegen, wenn // $\dot{c}$ gestreckt, in der Regel mit (110) auf. Bricht man die zwei durch {111} resp. {1$\bar{1}$1} ausgezeichneten Enden eines Kristalles ab, so bedeckt sich derselbe in gesättigter Lösung wiederum mit ebendemselben Sphenoid, also {111} resp. {1$\bar{1}$1}. Daraus ergibt sich, daß es sich tatsächlich um zwei enantiomorphe Kristallarten handelt und nicht etwa um die eine derselben mit schwankendem Habitus. Bringt man ein derartiges Fragment eines in boraxhaltiger Lösung gezüchteten Kristalles in glaubersalzhaltige Lösung (oder umgekehrt), so ergänzt sich dasselbe zu der ursprünglichen Form; das gleiche findet statt, wenn man zu einer der obigen Lösungen Weinsäure oder Rohrzucker oder Traubenzucker hinzufügt. Folglich bildet unter diesen verschiedenen Bedingungen die eine Kristallart stets {111}, die andere {1$\bar{1}$1} vorherrschend aus. An letzterer fand DUFET[2] Linksdrehung in den Richtungen der optischen Achsen: sie soll daher in folgendem L, erstere R heißen. Zur Unterscheidung von $\breve{a}$ und $\breve{b}$ wurde an kleinen Individuen der Prismenwinkel gemessen:

$\sphericalangle$ 110 : 1$\bar{1}$0 = 89° 30′ (Mittel aus den Werten von 50 Kristallen).
$\sphericalangle$ 110 : 1$\bar{1}$0 = 89 29½ (Mittel aus den Werten von 5 Zwillingen nach {110}, gemessen Spaltungswinkel {010} : {$\bar{0}$10}).
$\sphericalangle$ 110 : 1$\bar{1}$0 = 89 26 (nach MILLER).

An größeren Kristallen gelingt die Unterscheidung von $\breve{a}$ und $\breve{b}$ durch Anspalten von {010}; ferner ergab sich, daß {010} sehr häufig als Kristallfläche auftrat, {100} nie.

Spez. Gewicht = 1,677 JOHNSEN.
„ „ = 1,685 SCHIFF.
„ „ = 1,751 (natürliches Bittersalz, DANA, Syst. p. 938. 1899).

1. Natürliche Kristalle. Ein Gefäß der hiesigen Sammlung, etikettiert „Epsomit, Aragonien", enthielt eine trübe, weiße, feinfilzige[3] bis pulverige Masse, die auf Mg und

[1] Zeitschr. f. Krist. **6**. 529. 1881.
[2] Bull. Soc. Min. France. **27**. 156. 1904.
[3] Angeblich „haarförmiges Bittersalz von Berchtesgaden" der hiesigen Sammlung erwies sich als Steinsalz.

Digitized by Google

auf SO_3, nicht auf Ca, reagierte. Die Nädelchen, anscheinend schief auslöschend, wuchsen in gesättigter Bittersalzlösung nicht fort (? Kieserit).

Reichardtit von Staßfurt, feinkörniges Aggregat, wuchs in boraxhaltiger[1] Lösung fort; es wurden gezählt 30 R, 0 L. In einem daneben stehenden Gefäß mit einer Lösung künstlicher Kristalle schieden sich gleichzeitig infolge Verdunstung 24 L, 2 R ab.

2. Künstliche Kristalle. Brooke[2] bildet einen L ab. Die 12 in der hiesigen Sammlung befindlichen rhombischen Mischkristalle mit 0—47 % $CoSO_4 . 7H_2O$ sind sämtlich L. 50 Körner des von Riedel-Berlin in den Handel gebrachten Bittersalz bildeten in gesättigter Lösung $\{1\bar{1}1\}$, waren also sämtlich L. Von über 1000 meist aus borax-, zuweilen aus glaubersalzhaltiger Lösung abgeschiedenen Kristallen waren über 70 % L. Das gleiche galt für die durch Zusatz von H_2SO_4 zu $MgCl_2$-Lösung erzielten Kristalle. MgO in H_2O aufgeschlämmt, + H_2SO_4 lieferte 1. 18 L, 8 R, 2. 10 L, 0 R. Impfung schwach übersättigter Lösungen mit 1 R lieferte nicht so viele Kristalle von der Art des Keimes als Impfung mit 1 L.

Bei Zusatz von Rohrzucker, Traubenzucker oder Weinsteinsäure ließ sich kein Einfluß feststellen, da sich bedeutend mehr L als R bildeten. Daraufhin wurde eine für das Studium des Einflusses optisch aktiver Körper voraussichtlich geeignetere Anordnung getroffen. Es wurde ein Quantum R und ein Quantum L je für sich pulverisiert, gleiche Mengen abgewogen, vermengt und gemeinsam aufs feinste verrieben. Die Operation mit zwei optischen Antipoden erschien besonders interessant und so wurde d-Weinsäure und l-Weinsäure[3] gewählt. Da $C_4H_6O_6$ gegenüber H_2SO_4 sehr wenig dissoziiert ist, so fiel das Mg-Tartrat trotz seiner geringen Löslichkeit nicht aus. Entsprechende Versuche mit Natrium-

[1] Solche Lösung diente auch für alle übrigen Versuche.

[2] Ann. of Philos. 6. 40. 1823.

[3] Von vornherein hätte eine Base, etwa ein Alkaloid, näher gelegen; doch ist hier meist einer der Antipoden außerordentlich kostspielig. Eine hinreichende Portion Linksweinsäure verdanke ich der Freundlichkeit von Herrn Professor Partheil hier.

Digitized by Google

uranylacetat, Natriumchlorat, Natriumperjodat, Strontiumformiat mußten dagegen scheitern. In die mit einer bestimmten Menge Weinsäure versetzten und sodann mit Bittersalz neu gesättigten Lösungen kam je eine kleine Portion des obigen Bittersalzpulvers, dazu noch ein paar Tropfen Wasser, damit während der Operation hineingelangende winzige Keime sich auflösten und auch unter den Pulverfragmenten eine schnellere Auslese eintreten konnte. Gleichzeitig wurden einige weinsäurefreie Lösungen ebenfalls mit dem Pulver versetzt. Die Gefäße wurden einige Tage luftdicht verschlossen und dann etwas von dem Pulverrückstand in weinsäurefreie, boraxhaltige, gesättigte Lösung gebracht, wo nun die Fragmente die nötige Größe und charakteristische Ausbildung erhielten.

	Anzahl der L	Anzahl der R	Quotient	
1. 1,0 g Rechtsweinsäure auf 10 cm³ gesättigte Lösung	12	18	1,5	= R:L.
1,3 g Rechtsweinsäure auf 10 cm³ gesättigte Lösung	15	30	2,0	= R:L.
1,4 g Rechtsweinsäure auf 10 cm³ gesättigte Lösung	8	22	2,75	= R:L.
2. 1,0 g Linksweinsäure auf 10 cm³ gesättigte Lösung	28	14	2,0	= L:R.
1,4 g Linksweinsäure auf 10 cm³ gesättigte Lösung	34	6	5,7	= L:R.
1,5 g Linksweinsäure auf 10 cm³ gesättigte Lösung	35	5	7,0	= L:R.
3. Reine Lösung	10	10	1,0	= R:L = L:R.
Reine Lösung	11	10	1,0	= R:L = L:R.
Reine Lösung	16	16	1,0	= R:L = L:R.
Reine Lösung	9	11	1,0	= R:L = L:R.
4. Reine Lösung ohne Bittersalzpulver	18	10	1,8	= L:R.

Es ist also in der Tat ein ganz beträchtlicher Einfluß vorhanden, und zwar wirken wie zu erwarten die beiden Antipoden entgegengesetzt; d-Weinsäure begünstigt die R, l-Weinsäure die L; freilich haben wir auch hier wieder unter entsprechenden Bedingungen eine größere L-Vormacht im einen Fall, als R-Vormacht im andern.

Sodann wurden Impfversuche, analog den am Natriumuranylacetat ausgeführten, vorgenommen.

Digitized by Google

Übersättigung	Anzahl der L	Anzahl der R	Impfeffekt
1,00	24	1	—
1,03	0	1	—
1,06	0	3	—
1,09	7	26	3,71
1,20	3	21	7,00
1,29	2	25	12,50
1,30	1	26	26,00
1,46	1	40	40,00
1,59 (labil)	21	0	0,00
2,06 „	20	0	0,00

Geimpft wurde mit einem R. Auch hier wiederum ergibt sich ein beschleunigtes Ansteigen des Impfeffektes.

Die Anwesenheit eines R-Keimes verhinderte in gesättigter Lösung nicht das Wachstum freiwilliger L-Keime (Versuch I), bei ganz schwachen Übersättigungen (II und III) wuchs der R-Keim fort, fast ohne sonst noch impfend zu wirken. Die beiden höchsten Übersättigungen, die spontane Kristallisation zu Beginn der Abkühlung zur Folge hatten, zeigen wieder die Übermacht der L vor den R. Impfung mit einem L hätte fraglos größere entsprechende Impfeffekte bewirkt als die obigen.

Bei 17° gesättigte Bittersalzlösung zeigte in 20 cm langer Säule im Polaristrobometer bei Na-Licht keine 1′ übersteigende Drehung.

Es wurde wiederholt in eine gesättigte oder auch übersättigte Lösung der positive bezw. negative Pol eines Trockenelementes von 2 Volt Klemmspannung gebracht, während der andere Pol zur Erde abgeleitet war, das Gefäß stand überdies auf einem Ceresinblock; aber nicht der geringste Einfluß auf das Mengenverhältnis von R : L konnte festgestellt werden.

Schließlich sei noch einer Versuchsreihe gedacht, die über einen etwaigen Einfluß von Bakterien Auskunft geben sollte; es wurden Bact. fluorescens liquefaciens, Sarcina cutea, Pseudomonas pyaceanea und Bact. typhi murium auf Nährgelatine in gesättigte oder auch übersättigte Lösungen gebracht, z. T. gleichzeitig mit feinem Pulver gleicher Mengen von R und L. Es zeigte sich nicht der geringste Einfluß; wahrscheinlich

Digitized by Google

trat sofort Plasmolyse oder auch Aufhebung der Plasmaströmung[1] ein.

Die Zwillinge zweier gleicher Kristalle nach (110) beobachtet man selten und stets nur vereinzelt, noch seltener diejenigen zweier ungleicher nach (110). Dagegen treten Ergänzungszwillinge von R + L (Inversstellung) bei manchen Kristallisationen mit fast vollkommenem Ausschluß von Einzelindividuen auf, und zwar erhielt ich sie stets dann, wenn die Lösung gegen Keime vollkommen geschützt war; die Zusammensetzung der Mutterlauge, also etwa der Gehalt an Borax, sowie Temperatur sind ziemlich gleichgültig; denn, verdünnt man die Mutterlauge der Zwillinge so weit mit Wasser, daß sich alles auflöst, filtriert und läßt ohne Abschluß gegen Keime verdunsten, so scheiden sich lediglich Einzelindividuen aus.

Hieraus ergibt sich gleichzeitig, daß die nach obigem meist konstatierte Vormacht der L-Kristalle wohl nur auf dem sozusagen zufälligen[2] Vorherrschen der L-Keime in der Luft zurückzuführen ist.

Pulverisiert man Ergänzungszwillinge aufs feinste und läßt die Teilchen in gesättigter Lösung infolge von Verdunstung oder in übersättigter Lösung wachsen, so vergrößern sich die Zwillingspartikeln schneller als die einfachen Teilchen; ich fand unter den größten regenerierten Kristallen, die ich einer gesättigten resp. einer übersättigten Lösung entnahm, 20 Zwillinge + 8 Einzelindividuen resp. 12 + 6.

Die Zwillinge sind je nach dem Boraxgehalt der Lösung, der Temperatur u. dergl. bald lang-, bald kurzsäulenförmig, bald mit beiden Sphenoiden an jedem Individuum, bald

[1] Letzteren Effekt hat STIEHR (Inaug.-Diss. Berlin 1903. p. 24) gerade in Bittersalzlösung, und zwar schon bei 3 ‰ Konzentration an Wurzelhärchen beobachtet; manche Pflanzen waren allerdings gegenüber jenem Gift geradezu auffallend immun.

[2] Dieses hängt wiederum davon ab, daß die bezogenen Kristalle lediglich L-Kristalle waren, was auf Lösungsgenossen oder zufällige Impfung hoch übersättigter Lösung bei der fabrikmäßigen Darstellung zurückgeführt werden kann; wahrscheinlich wird man aus mancher anderen Fabrik einen Überschuß von R-Kristallen erhalten analog den von WULFF an regulären Nitraten gemachten Erfahrungen.

Digitized by Google

mit nur je einem. Die Zwillingsgrenze[1] verläuft $// \frac{1}{2}\dot{c}$, im übrigen wesentlich // {110} und {010}; besitzt jedes Individuum nur je ein Sphenoid, so zieht die Grenze längs den Polkanten von (111) zu (1$\bar{1}$1) hin (1), zeigt jedes Individuum beide Sphenoide, so verläuft die Grenze quer über die Sphenoidflächen hin (2) (Fig. 23). Bringt man in die Mutterlauge von (1) bezw. von (2) einfache Kristalle, so wachsen sie als solche weiter, im einen Fall mit einem Sphenoid, im anderen mit beiden (von verschiedener Größe). Im übrigen erkennt man den Verlauf der Zwillingsgrenze am besten, wenn man an

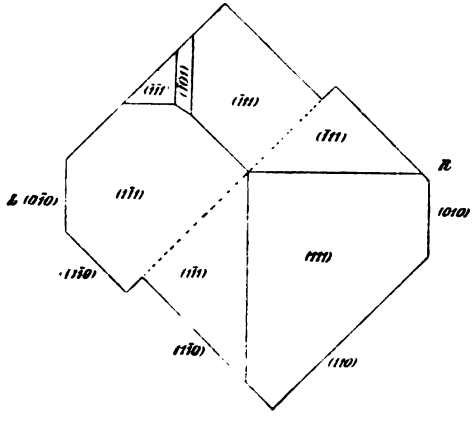


Fig. 23.

einem langsäulenförmigen Zwilling beide Enden von $\frac{1}{2}\dot{c}$ abbricht und ihn dann in gesättigter Lösung teilweise ausheilen läßt.

Ameisensaures Strontium. Bei 16° kristallisierten aus reiner wässeriger Lösung entweder Individuen von der Form {010}, {110}, {011}; {021} zuweilen, stets klein, {111}, {12$\bar{1}$}; {121} zuweilen, kleiner als das linksliegende — oder solche von der gewendeten Form; erstere mögen L, letztere R heißen. Zur sicheren Unterscheidung kann also nur {111} l resp. {1$\bar{1}$1} r dienen.

[1] Der im Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 728 dargestellte ganz unregelmäßige Verlauf der Grenze ist selten.

Digitized by Google

Winkel	gemessen	aus Heusser's[1] Achsenverhältnis berechnet
021 : 010	40° 30′	40° 3′
110 : 1$\bar{1}$0	62 42	62 34
011 : 0$\bar{1}$1	61 20	61 30

Infolge der Ähnlichkeit der beiden letzteren Winkel muß, obwohl die Kristalle meist mehr oder weniger // $\dot{c}$ gestreckt sind, zur sicheren Unterscheidung von R und L dann, wenn {021} nicht auftritt, stets goniometrische Messung vorgenommen werden.

Optische Achsenebene = {010}; $\dot{c}$ = a = spitze Bissektrix. An diesem Körper wurde durch Pasteur[2] gezeigt, daß zuweilen aus der Lösung eines Kristalls beide Kristallarten hervorgehen. Jacobsen[3] erhielt mittels der aus Stärke dargestellten Säure mehr L, mittels der aus Glyzerin und Oxalsäure bereiteten mehr R; auch sollen reine L gelöst stets wiederum nur L liefern und umgekehrt — im Gegensatz zu Parteur sowie auch unseren Erfahrungen. Gernez[4] endlich machte Impfversuche und fand die Ausscheidungen von der Art des Keimes. Verf. erhielt bei freiwilliger Kristallisation reiner Lösungen stets mehr L als R, Jacobsen dagegen fand nach obigem in unbeeinflußten Lösungen mehr R (denn dem Glyzerin und der Oxalsäure können wir keinen Einfluß zuschreiben, wohl aber der Stärke). Impfversuche mit L ergaben: 28 L, 4 R und mit R : 6 L, 26 R. Zwillinge wurden trotz langen Suchens nicht bemerkt.

Monoklin-hemimorphe Substanzen.

Lithiumsulfat. Aus reiner Lösung kristallisierten Individuen mit der Begrenzung {103}, {$\bar{1}$03}, {100}, {110}, {210}, {123} resp. solche von der gewendeten Form; erstere sollen R, letztere L heißen. Die L überwogen die R mehr oder weniger, was auch für Na_2SO_4-haltige Lösungen gilt.

Impfungen schwach übersättigter Lösungen mit L ergaben 13 L, 8 R und 24 L, 9 R

Impfungen schwach übersättigter Lösungen mit R ergaben 8 L, 12 R und 13 L, 11 R.

[1] Rammelsberg, Handbuch. II. p. 69. 1881.

[2] Ann. Chim. Phys. (3.) **31**. 98. 1851.

[3] Pogg. Ann. **113**. 493. 1861.

[4] Annal. d. Phys. **134**. 623. 1868.

Digitized by Google

Aus K_2SO_4-haltiger Lösung kristallisieren Zwillinge zweier gleicher und öfters gleichzeitig zweier ungleicher Kristalle nach ($\bar{1}03$) mit unregelmäßigen Verwachsungsflächen (vergl. oben).

Isobenzil, bildet nach Bowman[1] Zwillinge zweier gleicher oder auch zweier ungleicher Individuen nach (100) (oder nach $\dot{c}$); eigentliche Ergänzungszwillinge (mit Inversstellung der Komponenten) werden nicht genannt.

Triklin-hemiedrische Substanzen.

Essigsaures-salpetersaures Strontium. Aus reiner Lösung von der Zusammensetzung des Salzes kristallisierten Individuen von der Form: {001}, {00$\bar{1}$}, {100}, {$\bar{1}$00}, {010}, {0$\bar{1}$0}, {011}, {0$\bar{1}\bar{1}$}, {01$\bar{1}$}, {0$\bar{1}$1} nebst entweder {110} und {111} oder {1$\bar{1}$0} und {1$\bar{1}\bar{1}$}; von ersteren wurden 30, von letzteren 32 Individuen gezählt. Die Umrisse der Ätzfiguren auf (001) und (00$\bar{1}$), mittels Wasserdampf von Zimmertemperatur erzeugt, folgen den Tracen von (010) und (110) bezw. (1$\bar{1}$0); ein Unterschied von (001) und (00$\bar{1}$) war nicht zu bemerken; ebensowenig konnte Pyroelektrizität zwischen 0° und 70° konstatiert werden. Zwillinge waren unter 70 untersuchten Kristallen nicht zu beobachten. Es ist eine gute Spaltbarkeit vorhanden, nicht nur, wie bekannt nach {001} und {010}, sondern auch nach {110} bezw. {1$\bar{1}$0}[2].

Entstehung und Ausbildung von Zwillingen.

Wachstum und Auflösung.

Man kann zunächst die zwei Fragen aufwerfen, aus welcher Ursache eine bestimmte Substanz in gewissen Fällen Zwillinge bilde, und aus welcher Ursache nach diesem und nicht nach jenem Gesetz. Die Tatsache, daß die Zahl der an einer Substanz bekannten Zwillingsgesetze stets eine sehr beschränkte ist, daß für Substanzen gewisser Symmetrie oft auch ein gewisses Gesetz charakteristisch ist wie für reguläre

[1] Zeitschr. f. Krist. 31. 386. 1899.

[2] Es könnte hier also wohl naheliegen das Elementarparallelepiped der Raumgittervorstellung aus diesen 3 Flächen zu konstruieren.

Hier sei noch erwähnt, daß das triklin-holoedrische Traubensäurehydrat eine vorzügliche Spaltbarkeit //(010) besitzt.

Digitized by Google

Kristalle dasjenige nach (111), für rhomboedrische jenes nach {0001}, für rhombische nach einem Prisma, für monokline nach einem Orthodoma, und die Tatsache, daß die an manchen Körpern beobachteten Zwillinge sich auch sekundär als Folge einfacher Schiebungen[1] erhalten lassen und daß letztere öfters eine Umwandlung in höher symmetrische Modifikationen vermitteln, lassen uns die fraglichen Ursachen in den Gesetzen suchen, welche das Gleichgewicht des kristallisierten Zustandes überhaupt beherrschen. Durch solche Betrachtungen könnte man z. B. zu der Vermutung eines Zusammenhanges von Zwillingsebenen und Spaltflächen (oder auch Translationsebenen) geführt werden, ein direktes Zusammenfallen jener zwei Elemente aber ist keineswegs so häufig oder auch nur so plausibel, wie Groth es anzunehmen scheint.

Vielleicht werden hier Bestimmungen der Zerreißungsfestigkeit von Zwillingsverwachsungen einerseits, von Einzelindividuen anderseits gewisse Folgerungen zeitigen. Die Festigkeit der Zwillinge längs der Verwachsungsfläche scheint im Gegensatz zu vielen unregelmäßigen Verwachsungen von derselben Größenordnung zu sein wie diejenige einfacher Kristalle. Die Zwillinge gehen entweder als solche direkt aus der flüssigen (oder dampfförmigen) Phase hervor oder sie resultieren aus zwillingsmäßiger Fortwachsung von Einzelkristallen infolge geänderter Bedingungen, während unregelmäßige Verwachsungen vielfach durch das zufällige Gegeneinanderwachsen getrennter Kristalle entstehen.

Unregelmäßige Verwachsungen von Natriumuranylacetat, deren Orientierung einer zwillingsartigen sehr nahe kam, zerfielen mir wiederholt während der Prüfung in die zwei Komponenten, Zwillinge nie.

Auf Grund obiger Erwägungen wird die Existenz sogen. Vizinalzwillinge recht zweifelhaft erscheinen, wie sie Beckenkamp[2] am Baryt nach einer (001) benachbarten Pyramide und

[1] Übrigens kann man, wofern man an Raumgittervorstellungen festhält, manche Zwillinge prinzipiell nicht aus einfachen Schiebungen ableiten, wie z. B. außer Ergänzungszwillingen die Quarzzwillinge nach (1122)! Vergl. auch die Betrachtungen von G. Cesaro, Bull. Soc. franç. Min. **10**. 239. 1887.

[2] Zeitschr. f. Krist. **27**. 583. 1896.

Digitized by Google

nach einem (010) benachbarten Brachydoma beschreibt und wie sie TSCHERMAK[1] zur Deutung schraubenförmiger Quarzkristalle angenommen hat. Auch ARZRUNI's[2] vereinzelten „Granatzwilling nach (201)" von Pitkäranda wird man kaum als solchen gelten lassen dürfen[3].

Nun muß es aber zunächst befremden, daß eine und dieselbe Substanz bald in Zwillingen auftritt, bald in Einzelkristallen, daß die Flußspäte englischer Stufen oft durchweg Zwillinge darstellen, während man auf Stufen anderer Vorkommen häufig nur Einzelindividuen wahrnimmt, daß Gips sich ähnlich verhält, daß man Quarzzwillinge nach (11$\bar{2}$2), Augitzwillinge nach (1$\bar{2}$2), Zirkonzwillinge nach (101), Rutilzwillinge nach (301), Eisenkiesergänzungszwillinge u. a. anscheinend an bestimmte Vorkommen geknüpft sieht, daß die Plagioklase gewisser Fundorte Albitzwillinge, diejenigen anderer Periklinzwillinge bilden, daß der Dolomit von Leogang (Salzburg) und vom Zillertal Zwillinge nach (11$\bar{2}$0), derjenige vom Binnental solche nach (10$\bar{1}$0), derjenige von Traversella solche nach beiden Gesetzen zugleich darstellt, während die Kristalle der Form {04$\bar{4}$1} von Teruel und von Hall nach Ätzversuchen einfach zu sein scheinen. Wenn der Zusatz von wenig K_2SO_4 zu einer Li_2SO_4-Lösung die Bildung von durchweg verzwillingten $Li_2SO_4 . H_2O$-Kristallen bedingt, ohne daß in diesen K mikrochemisch nachzuweisen wäre, so dürfen wir vielleicht annehmen, daß auch ohne Zusatz von K_2SO_4 zunächst Zwillingsbildung erfolgt, die Zwillinge aber sogleich zugunsten einfacher Kristalle aufgelöst werden, da letztere eine relativ kleinere Oberfläche besitzen und da der osmotische Druck der Lösung infolge von Temperaturschwankungen vielfach um denjenigen der Sättigungskonzentration oszilliert; denn die Auflösungsgeschwindigkeit wächst mit der relativen Oberflächengröße $\left(\frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volum}}\right)$. Pulverisiert man z. B. Lithiumsulfat-Zwillinge oder Bittersalzergänzungszwillinge, bringt das Pulver in gesättigte reine Lösung, verdünnt diese so weit, daß sich etwa $\frac{3}{4}$ der Masse löst und läßt sodann die Lösung

[1] Denkschr. K. Akad. Wiss. math.-naturw. Kl. **61**. Wien 1894. p. 365.
[2] Zeitschr. f. Krist. **14**. 404. 1887.
[3] Centralblatt f. Min. etc. 1903. p. 534.

Digitized by Google

verdunsten, so erhält man fast lediglich einfache Kristalle. Sind Lösungen so stark übersättigt, daß die gewöhnlichen Temperaturschwankungen keine zeitweiligen Untersättigungen hervorrufen können, so bleiben die Zwillingskeime nicht nur erhalten, sondern überflügeln im Wachstum die Einzelindividuen, denn die Wachstumsgeschwindigkeit $\left(\frac{\text{Volumzunahme}}{\text{Zeit}}\right)$ nimmt ebenso wie die Auflösungsgeschwindigkeit mit der relativen Oberfläche zu. Nun können aber Temperaturschwankungen die Zwillinge nur dann resorbieren, wenn deren Volumen demjenigen der Einzelindividuen annähernd gleich ist; dies ist im allgemeinen nur im Beginn der Kristallausscheidung der Fall oder infolge von Pulverisierung eines Zwillings, wie z. B. für Lithiumsulfat und Bittersalz soeben festgestellt wurde. Die nötige Übersättigung erhält man häufig dadurch, daß man die Lösung durch Lösungsgenossen verdickt und sie im übrigen vor Keimen schützt. Die Verdickung wirkt vielleicht noch in anderer Weise: Die fortwährenden kleinen Temperaturschwankungen, die in minimal übersättigter Lösung die Existenz der Zwillinge gefährden, kann man z. T. aus der Kristallisationswärme herleiten; diese dürfte für einen Zwilling geringer sein als für einen gleichschweren Einzelkristall, da ersterer ja mit mehr Oberflächenenergie ausgestattet ist; so wird von einem soeben ausgeschiedenen Einzelkristall nach einem benachbarten soeben ausgeschiedenen Zwilling ein positiver (auch bei negativer Kristallisationswärme) konvektiver Wärmestrom hinfließen und jenen z. T. auflösen (falls die Löslichkeit mit der Temperatur zunimmt). Diese den Zwillingen schädlichen Konvektionsströme werden durch Verdickung der Lösung beeinträchtigt. Bringt man z. B. in eine gesättigte Bittersalzlösung, die an sich schon sehr dickflüssig ist, Borax (wodurch die Löslichkeit beträchtlich erhöht wird), übersättigt sie durch partielles Abdampfen und stülpt zum Schutz gegen Keime ein großes Becherglas über das Kristallisationsgefäß, so findet man nach einigen Tagen den Boden des letzteren mit durchweg verzwillingten Kristallen

Digitized by Google

(Ergänzungszwillinge von R + L, siehe oben) bedeckt. Pulverisiert man solche Ergänzungszwillinge aufs feinste, bringt sie in eine verdunstende gesättigte Lösung und entnimmt dieser später etwa 20 Kristalle (man wählt unwillkürlich die größten), so findet man diese sämtlich verzwillingt, obwohl doch offenbar das Pulver bei weitem mehr einfache als verzwillingte Fragmente enthielt.

Ferner: durch Mg O kann man eine Weinsteinsäurelösung außerordentlich verdicken und demzufolge auch sehr weitgehend übersättigen (starke Übersättigung erhält man hier übrigens auch leicht an reiner Lösung); bringt man pulverisierte Zwillinge hinein, so beobachtet man u. d. M., daß sich nach kurzer Zeit größere Zwillinge neben kleineren Einzelkristallen bilden. Pulverisiert man einen solchen Zwilling und läßt die Fragmente in reiner gesättigter Lösung fortwachsen, so findet man die derselben nach einigen Tagen entnommenen größeren Kristalle sämtlich verzwillingt. Lehmann[1] gibt an, daß man aus einer mit Gummi verdickten Lösung von $BaCl_2$ besonders vielfache Zwillingsbildung dieser Substanz erhalte.

So fand denn auch Scacchi[2] den Größenunterschied zwischen Zwillingen und Einzelkristallen der regulären Nitrate größer, wenn heiße gesättigte Lösung sich abkühlte als bei isothermer Verdunstung, denn in letzterem Fall mußten infolge der größeren Lösungsgeschwindigkeit von Zwillingen Temperaturschwankungen ausgleichend auf die Größen einwirken, und Gaubert[3] erhielt aus Alaun- und aus Bleinitratlösungen bei schneller Abkühlung heißgesättigter Laugen besonders zahlreiche Zwillinge; daß ich aus Alaunlösungen in dieser Weise und überhaupt niemals Zwillinge erhielt, liegt vielleicht an dem Zutritt von Keimen (einfacher Kristalle). Infolge des schnellen Wachstums fand man denn auch Zwillinge häufig inhomogener und trüber als einfache Kristalle, wie z. B. die Beobachtungen von Scacchi an $Sr(NO_3)_2$ lehren.

Eine Reihe von Messungen der Wachstumsgeschwindig-

[1] Zeitschr. f. Krist. 1. 486. 1877.

[2] Atti R. Accad. Sc. Fis.-Mat. Napoli 1865. p. 1, s. auch Rendiconti Accad. Sc. Fis.-Mat. Napoli 1863. p. 276.

[3] Bull. Soc. franç. Min. 19. 431. 1896.

Digitized by Google

keit von Einzelindividuen (E) und Zwillingen (Z) verschiedener Substanzen verdankt man ebenfalls Scacchi (l. c.); es ergaben sich $\left(Q = \frac{\text{Gewichtszunahme}}{\text{ursprüngl. Gewicht}}\right)$

	Q_E	Q_Z
K_2SO_4	0,36	1,35
$Sr(NO_3)_2$	0,60	0,86
$Cu(COO)_2 . 2NH_4COO . 2H_2O$ (triklin)	0,66	1,39

Die Massen von E und Z waren anfänglich im Durchschnitt einander gleich.

Auch an Mineralien hat man Größenvormacht von Zwillingen gegenüber Einzelindividuen beobachtet, so z. B. Becke[1] am Orthoklas des Quarzporphyrs von Val Floriana.

Daß bei Ergänzungszwillingen des Bittersalzes, auch wenn dieselben keine einspringenden Winkel zeigen, die Oberfläche diejenige entsprechend ausgebildeter Einzelkristalle übertrifft, so daß hierdurch die größeren Geschwindigkeiten von Wachstum und Auflösung (deren Parallelismus übrigens auch die oft zu beobachtende schnellere Kristallisation einer labilen Modifikation gegenüber der schwerer löslichen stabilen erklärt) wie oben angenommen, bedingt werden, das läßt sich leicht erkennen. Ist — was ich mehrfach in einer und derselben Lösung beobachtete — bei modellartiger Ausbildung die Form der Einzelkristalle {110}, {111} resp. {110}, {1$\bar{1}$1}, wo (110) und (1$\bar{1}$0) als Dreiecke erscheinen und mit je einer Spitze zusammenstoßen, diejenige der Zwillinge {111}, {1$\bar{1}$1} von holoedrischem Habitus und setzt man $\breve{a}^2 = 1$ statt 0.99, $\breve{c} = 0{,}57$, so ergibt sich $R = \frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volum}}$ der Einzelkristalle (E) und der Zwillinge (Z)

$$R_E = \frac{2\sqrt{2\,c^2 + 1}}{c} + \sqrt{2},\quad R_Z = \frac{2\sqrt{2\,c^2 + 1}}{c} + \sqrt{2 + \frac{1}{c^2}}$$

also $R_E = 5{,}91$, $R_Z = 6{,}75$.

Obige Ergebnisse können vielleicht auf die Entstehungsbedingungen mancher Mineralvorkommen einiges Licht werfen;

[1] Min Mitt. 22. 195. 1903.

[2] In Wirklichkeit ist ă der Einzelkristalle, absolut gemessen, kleiner als ă der Zwillinge, wodurch die Differenz $R_Z - R_E$ noch vergrößert wird; das gleiche geschieht, wenn man die meist ganz schmal auftretenden Flächen {110} der Zwillinge in Rechnung zieht.

Digitized by Google

so beruht die Tatsache, daß Mineralstufen oft entweder gar keine Zwillinge oder aber sehr zahlreiche aufweisen, sicher zuweilen auf der Impfwirkung eines einzigen zufällig entstandenen Zwillings, in dem seine verzwillingten Fragmente schneller wachsen als seine einfachen.

Hier sei noch auf die Rolle aufmerksam gemacht, welche wohl zuweilen regelmäßige Verwachsungen bei der Entstehung von Zwillingen spielen. So wächst z. B. KCl auf Glimmerblättchen nach Mügge's Beobachtungen derart in zwei Stellungen auf, daß Sylvinzwillinge nach (111) entstehen können. Besonders sogen. mimetische Zwillinge vermögen dadurch zustande zu kommen, daß sich zunächst eine metastabile höher symmetrische Modifikation ausscheidet, an die sich dann die stabile regelmäßig anlegt, wie wir es am Chromglaserit sahen.

Es ist aber auch folgendes zu bedenken: Scheidet sich z. B. ein pseudohexagonaler Drilling als solcher direkt aus der Lösung aus, so daß sich an das Teilchen I das Teilchen II zwillingsmäßig anlagert und ebenso an II das Teilchen III, so werden auch I und III benachbart sein und sich kaum unbeeinflußt lassen, so daß auch wiederum Stellung II : III modifiziert wird; die Fortwachsung ergibt dann einen Drilling, dessen Winkel sich der hexagonalen Symmetrie etwas mehr nähern als man nach der Zwillingsregel berechnet; das oben beschriebene Nickelnatriumuranylacetat dürfte diese Überlegung bestätigen.

So würden I + III eines Bavenoer Drillings (a) annähernd einen Manebacher Zwilling (b) darstellen; ich fand an Spaltflächen eines Manebacher Zwillings (b′) vom Gängerhäusel bei Petschau (Bez. Karlsbad) und an solchen eines Bavenoer Drillings (a′) vom St. Gotthard (vorzügl. Reflexe)

$$\left.\begin{array}{ll} \text{a}') & \sphericalangle\ 001 : \underline{001} = 179^\circ 59' \\ \text{b}') & \sphericalangle\ 001 : \underline{\bar{0}\bar{0}\bar{1}} = 179\ \ 50 \end{array}\right\}\text{gem.}$$

$$\left.\begin{array}{ll} \text{a}) & \sphericalangle\ 001 : \underline{\bar{0}\bar{0}\bar{1}} = 179\ \ 46 \\ \text{b}) & \sphericalangle\ 001 : \underline{\bar{0}\bar{0}\bar{1}} = 180\ \ \ 0 \end{array}\right\}\text{ber.}$$

Auch Sachs (dies. Jahrb. 1904. I. -21-) fand alle möglichen Neigungen von 179° 46′—180° 0′ an Striegauer Zwillingen.

Wir kommen also für Drillinge und Viellinge praktisch und theoretisch zu Winkeln, die dem Zwillingsgesetz nicht streng genügen.

Digitized by Google

Verwachsungsfläche.

Die fortwährenden kleinen Temperaturschwankungen, welche in minimal übersättigten Lösungen die Existenz von winzigen Zwillingen gefährden, werden dies um so weniger tun, je weniger die Oberfläche der Zwillinge diejenige der Einzelindividuen übertrifft. Letzteres wird auch von der Art der Zusammensetzungsfläche oder Verwachsungsfläche abhängen. Wird die Zwillingsebene zur Symmetrieebene, so muß die Verwachsung nach derselben dem Oberflächenminimum günstig sein und so finden wir in der Tat allermeist in solchen Fällen die Zwillingsebene als Verwachsungsfläche vor, vorausgesetzt, daß jene einer möglichen Kristallfläche entspricht; ist sie irrational, so wird sie häufig gemieden; dann wird die Verwachsung nach Flächen aus der Zone der Zwillingsachse am günstigsten sein, was ja ebenfalls der Erfahrung entspricht, es sei nur an die Periklinzwillinge erinnert. Zinkblende, Pyrargyrit, Carborundum u. a. erhalten eine Symmetrieebene $\perp$ statt // zur rationalen Zwillingsebene (Pyramide), verwachsen aber meist nach letzterer, doch ist an Zinkblende wie an nach $(10\bar{1}1)$ oder nach $(01\bar{1}2)$ verzwillingtem Pyrargyrit[1] tatsächlich auch die Symmetrieebene (bei Pyrargyrit irrational) als Verwachsungsfläche beobachtet.

Haidinger[2] beschrieb Kalkspatzwillinge nach $(01\bar{1}2)$ von Bleiberg in Kärnten, die mit der irrationalen Symmetrieebene[3] $[\perp (01\bar{1}2)]$ verwachsen waren, und ebensolche aus einem Kalkbruch bei Harzgerode, die sich nach beiden Symmetrieebenen abgrenzten. Bekannter sind die Gipszwillinge, die // (100) und // der Normalebene von $\dot{c}$, also ebenfalls nach beiden Symmetrieeben, verwachsen sind; vielleicht entsprechen dem auch die Staurolithzwillinge nach (032). An Zwillingen gleicher Kristalle von Natriumuranylacetat sowie von Baryumnitrat und Verwandten nach (112) beobachtete ich stets Verwachsung nach einer zu (112) senkrechten Fläche von {111}

[1] Vielleicht sind hier allerdings Irrtümer nicht gänzlich ausgeschlossen, da $\measuredangle (\bar{1}011) : (10\bar{1}1) = 95°24'$ und $\measuredangle (\bar{1}012) : (20\bar{2}1) = 94°19'$, also beide von 90° nicht sehr verschieden.

[2] Handb. d. bestimm. Mineralogie p. 263. 1845.

[3] Vielleicht lag ein Zwilling nach $(20\bar{2}1)$ vor, denn $\measuredangle (20\bar{2}1) : (\bar{1}012) = 90°38'$.

Digitized by Google

oder {1$\bar{1}$1}. An Zwillingen des rhombischen $FeCl_3 . 2NH_4Cl . H_2O$ (dies. Jahrb. 1903. II. p. 98) nach [1$\bar{1}$1] folgte die Verwachsung der irrationalen Symmetrieebene (Zwillingsebene) und zugleich einer Fläche der Zone [1$\bar{1}$1]. Entstehen mehrere gleichwertige Symmetrieebenen, so erfolgt die Verwachsung zuweilen nach allen zugleich, wie z. B. bei Ergänzungszwillingen des Scheelit nach {100} und bei Ergänzungszwillingen des Phenakit[1] nach {11$\bar{2}$0} von Framont.

Lassen sich zwei verschiedene rationale Zwillingsebenen definieren, die beide Symmetrieebenen werden, so wird über die Verwachsung vielleicht die relative Lösungsgeschwindigkeit der konkurrierenden Ebenen entscheiden. So verwachsen die nach {0001} oder nach {10$\bar{1}$0} verzwillingten Kristalle des Kalkspats nach (0001), diejenigen des Eisenglanz meist nach (10$\bar{1}$0); da die Eisenglanz-Einzelindividuen von Dortmund, Dognaczka, Elba mit (10$\bar{1}$0) (das freilich nicht auftritt), die Kalkspat-Einzelkristalle dagegen vielfach (z. B. Andreasberg) mit (0001) aufgewachsen sind, so wird man wohl vermuten, daß in beiden Fällen jedesmal eine Fläche von besonders großer Lösungsgeschwindigkeit aufgewachsen bezw. verwachsen ist (vergl. weiter unten). Übrigens erfolgt zuweilen auch eine bestimmte Aufwachsung von Zwillingen; so sind nach vom Rath[2] die sizilianischen Schwefelzwillinge nach (110) stets mit derjenigen Randpartie der Verwachsungsfläche (110) aufgewachsen, an der die ausspringenden Winkel von {113} und {$\underline{1}\underline{1}3$} und von {111} und {$\underline{1}\underline{1}1$} liegen würden. In ähnlicher Weise ist vielleicht (010) als Verwachsungsebene riesengebirgischer Orthoklase zu erklären; es ist wohl kaum ein Zufall, daß hierbei das fast genaue Zusammenfallen von (001) und ($\underline{1}0\underline{1}$) eine beträchtliche Oberflächenvergrößerung nicht zustande kommen läßt; und da nun die Zwillinge von Karlsbad im Innern ebenfalls sehr genau mit (010) zusammenstoßen, nach außen hin aber oben und unten übereinandergreifen und {201} führen, so liegt die Annahme nahe, daß sie ursprünglich nach Art der riesengebirgischen ausgebildet waren; leider läßt sich hierüber infolge Mangels deutlicher Zonarstruktur zunächst nichts entscheiden. Da wir es meist mit

[1] E. Beyrich: Pogg. Ann. **34**. 519. 1835 und **41**. 323. 1837.

[2] Pogg. Ann. **155**. 41. 1875.

Digitized by Google

kontinuierlicher Änderung von Kristallisationsbedingungen infolge Anreicherung der Lösung an Lösungsgenossen während des Wachstums einer Komponente zu tun haben, sind derartige Überlegungen im allgemeinen sehr unsicher. Die von {110}, {1$\bar{1}$0} und {2$\bar{0}$1} begrenzten Anorthoklaszwillinge der Rhombenporphyre des Christiania-Gebietes und des Kilimandscharo sind dem abweichenden Habitus entsprechend nach (100) verwachsen! Einen Einfluß von Flächen großer Lösungsgeschwindigkeit auf die Zusammensetzungsfläche darf man vielleicht auch in den Beobachtungen erblicken, daß sich Einzelindividuen von $Li_2SO_4 . H_2O$ in K_2SO_4-haltiger Lösung nur auf {103} mit Kriställchen in Zwillingsstellung bedecken, nach Scacchi (l. c.) solche des „rhomboedrischen K_2SO_4" (es handelt sich wahrscheinlich um K_3NaSO_4) in saurer Lösung auf {10$\bar{1}$1} mit Teilchen in Zwillingsstellung nach (0001), solche von rhombischem K_2SO_4 — ebenfalls nach Scacchi — in Na_2CO_3-haltiger Lösung auf {021} mit Teilchen in Zwillingsstellung nach (110).

Die nach (111) verzwillingten Flußspatwürfel von Derbyshire und anderen Fundorten besitzen, wie die Ätzung einer angeschliffenen Fläche von {111} mittels HCl ergibt, eine ganz unregelmäßige Grenze; ob ihnen die Form {111} zu fremd ist oder ob die Verwachsung zwischen (111), ($\bar{1}\bar{1}$2), (2$\bar{1}\bar{1}$), ($\bar{1}$2$\bar{1}$) oszilliert, mag dahingestellt bleiben.

Hinsichtlich der durch polare Richtungen ausgezeichneten Kristalle ergibt sich, daß zahlreiche derselben mit einem bestimmten Pole einer solchen Richtung aufgewachsen sind, Beispiele liefern u. a. Spangolith, Jodsilber, Kieselzinkerz, Milchzucker. Treten gleichzeitig auch Zwillinge auf, so sind diese meist mit demselben Ende verwachsen, mit dem die einfachen Individuen aufgewachsen sind, als Beispiele seien nur genannt Jodsilber, Zinkoxyd, Kaliumlithiumsulfat, Nephelin, Kieselzinkerz; auch bei Struvit deutet die so häufige Verschiebung der verzwillingten Individuen längs ă in (001) darauf hin, daß der Verwachsungspol dem Aufwachsungspol (h0l) mindestens recht nahe liegt.

Gleichzeitig ergaben die Löslichkeitsversuche für Kaliumlithiumsulfat, Struvit, Rohrzucker, Weinsäure, vielleicht auch für Natriumuranylacetat und für Lithiumsulfat, daß jener Auf-

Digitized by Google

wachsungspol bezw. Verwachsungspol dem Gegenpol gegenüber durch eine größere Lösungsgeschwindigkeit ausgezeichnet war. Daß eben jene Kristallkeime, welche die leichter lösliche, also mit der größeren „spezifischen Oberflächenenergie" ausgestattete Komponente eines Flächenpaares versteckt halten, die anderen Keime aufzehren können, ist nach dem Vorausgehenden einleuchtend; es werden aber auch oft einfache Individuen im Verlaufe des Wachstums eine zufällige Anlagerung kleiner Teilchen in Zwillingsstellung und so eine Erniedrigung ihrer Lösungstension erfahren, wenigstens dann, wenn die Zwillingsbildung keine relative Oberflächenvergrößerung bewirkt wie an $KLiSO_4$ und $NaLiSO_4$. So wachsen sich diese beiden Körper, in Form einfacher Individuen in eine gesättigte Lösung gebracht, zu Zwillingen aus; dies gilt auch für $Li_2SO_4 . H_2O$ in K_2SO_4-haltiger Lösung und andere Fälle. Der Charakter von (001) als Symmetrieebene der Struvitzwillinge läßt die scheinbare Verschiebung letzterer nicht mehr so auffallend erscheinen, nachdem der Pol (h0l) als besonders löslich gegenüber (h0$\bar{l}$) erkannt worden ist; freilich würde, da (001) hinsichtlich symmetrischer Lage vor (h0l) ausgezeichnet ist, jene Verwachsung und Aufwachsung erst dann vollkommen verständlich sein, wenn (h0l) auch gegenüber (001) als besonders löslich nachgewiesen wäre.

Am Natriumuranylacetat fanden wir unsichere, jedenfalls aber nur geringe Löslichkeitsdifferenzen der beiden Tetraeder und die Verwachsung der Zwillinge von $Ba(NO_3)_2$ und seinen Verwandten erfolgt fast gleich häufig nach dem einen wie nach dem andern Tetraeder. Wenn wir bedenken, daß bei regulären Körpern die Richtung [111] und die Gegenrichtung [$\bar{1}\bar{1}\bar{1}$] beide nur um 35° gegen die zweiseitige Richtung [110] geneigt sind, wird man eine besonders große Löslichkeitsdifferenz derselben wohl in der Tat für unwahrscheinlich halten, auch dürfte die Deckung einer einzigen von acht gleichwertigen Flächen keine besonderen Chancen herbeiführen.

An dem Körper $3Na_2SO_4 . Li_2SO_4 . 12H_2O$ (2. hemimorphe Tetartoedrie) fanden wir die Zwillinge bald nach (0001), bald nach (000$\bar{1}$) verwachsen und dementsprechend war auch eine Löslichkeitsdifferenz dieser beiden Pole kaum festzustellen.

Manche Minerale zeigen an verschiedenen Fundorten

Digitized by Google

verschiedene Aufwachsung oder Verwachsung; so ist der Turmalin an vielen Fundorten mit dem antilogen Pol, an einigen mit dem analogen Pol und an noch anderen mit $(10\bar{1}0)$ aufgewachsen; an Pyrargyrit und Proustit sind ähnliche Verschiedenheiten beobachtet worden. Die Struvitzwillinge von Hamburg und von Braunschweig sind mit entgegengesetzten Polen verwachsen, dementsprechend ist auch der ganze Habitus sehr verschieden. Man wird hier an geänderte Kristallisationsbedingungen und an geänderte Löslichkeitsvektoren denken. Da Rechtsweinsäure aus magnesiumtartratreichen Lösungen mit den der Regel entgegengesetzten Polen zu Zwillingen verwuchs, so wurden mit einer derartigen Lösung Auflösungsversuche unternommen. Sie ergaben im Gegensatz zu der soeben für Struvit geäußerten Vermutung, daß nach Zusatz von Mg-Tartrat die Differenz der Löslichkeiten von $+\overset{\perp}{\mathrm{b}}$ und $-\overset{|}{\mathrm{b}}$ ihr Vorzeichen nicht ändert. Da die betreffenden Zwillinge zwar die Pole von $-\overset{|}{\mathrm{b}}$ frei hatten, im übrigen aber mit je einem (100) weit übereinander hingriffen, so erschien es denkbar, daß zwar die Lösungsgeschwindigkeit von $(0\bar{1}0)$ größer als diejenige von (010), diejenige von einem $(h\bar{k}0)$ aber vielleicht kleiner als diejenige von $(hk0)$ ist; es wurden daher zwei Parallelepipede hergestellt mit $\overset{|}{\mathrm{b}} = 6$ mm, $\overset{|}{\mathrm{c}} = 1$ mm, $x = 2$ mm, sowie mit $\overset{|}{\mathrm{b}} = 6$ mm, $\overset{|}{\mathrm{c}} = 1$ mm, $x = 3$ mm, wo $x \perp \overset{\perp}{\mathrm{b}}$ und $\perp \overset{|}{\mathrm{c}}$. Die Platten lagen mit bx auf; zwei Volumina einer saures Tartrat + Weinsäure liefernden Lauge wurden mit 1 Vol. H_2O verdünnt und diese Mischung als Lösungsmittel verwendet. T. = 18°. Es trat nun nicht etwa an den zwei Kanten $[\{100\}:\{010\}]$ am schnellsten Zurundung ein, sondern an den zwei Kanten $[\{100\}:\{0\bar{1}0\}]$. Obige Vermutung scheint also ebenfalls unzutreffend zu sein. Wir suchen daher nach einer anderen Erklärung und fragen zunächst: besitzt die Differenz der Wachstumsgeschwindigkeiten zweier Richtungen das gleiche Vorzeichen wie diejenige der Lösungsgeschwindigkeiten?

Stellt man in einer genau gesättigten Lösung durch eine sehr kleine Temperaturänderung $+\Delta t$ eine sehr geringe Untersättigung her, so wird ein in der Lösung befind-

Digitized by Google

licher Kristall von den verschiedenen Flächen aus verschiedene Substanzmengen in die Lösung senden, bis wieder Sättigung vorhanden ist. Nimmt man jetzt durch eine Temperaturänderung $-\Delta t$ eine sehr geringe Übersättigung vor, so sind die Anfangsbedingungen wiederhergestellt, der Kristall muß durch Wachstum genau die ursprüngliche Gestalt wieder erlangen, d. h. die Flächen, auf denen sich pro Flächeneinheit besonders viel weggelöst hatte, werden am schnellsten und beträchtlichsten wachsen. Es fragt sich jetzt aber, ob auch bei größeren Untersättigungen und Übersättigungen mit einer relativ großen Lösungsgeschwindigkeit eine relativ große Wachstumsgeschwindigkeit verknüpft ist; denn nun können Kristallisationsflächen und Ätzflächen nicht mehr als identisch betrachtet werden. Es wurden daher Beobachtungen an Weinsäure gemacht. Ein rechtwinkeliges Parallelepiped nach (100) und (010) mit den Kantenlängen 3 mm ($\bar{b}$), 2 mm ($\dot{c}$) und $\frac{1}{4}$ mm, aufliegend mit (100); 12 cm³ einer $\frac{5}{7}$ gesättigten reinen Lösung. T. = 16.

Zeit in Min.	Länge von $-\dot{b}$	Länge von $+\dot{b}$	Länge von $+\dot{c} = -\dot{c}$
0	45	45	34
5	46	45	36
10	47½	46	38
15	49	47	40
20	50	47½	43
25	51	48	47
30	52	49	50

Das Wachstum, das übrigens zur Bildung von {001}, {10$\bar{1}$}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {011} führte, erfolgte also an dem leichter löslichen Pol (0$\bar{1}$0) mit größerer Geschwindigkeit als an dem schwerer löslichen (010); auf die weit größeren für $\pm\dot{c}$ gefundenen Geschwindigkeiten kommen wir weiter unten zurück. Es werden nun in sehr übersättigten Lösungen, in denen während der Kristallisation zunächst Untersättigungen nicht auftreten können und ferner durch die Verdickung Diffusionsströme stark gehemmt sind, gerade die leichter löslichen, weil schneller wachsenden Pole der Zwillinge über

Digitized by Google

die entgegengesetzten Pole hinübergreifen und sich frei ausbilden, die Individuen daher mit den schwerer löslichen Polen verwachsen erscheinen. Der Zusatz von MgO zu Weinsäurelösung muß die Löslichkeit der Säure stark erhöhen, wodurch also in der Tat eine sehr konzentrierte und verdickte Mutterlauge entsteht. Vielleicht sind bei der Entstehung der „Kristallzucker", die nach WULFF entgegengesetzt wie Kandiszucker verwachsen (also mit den schwerer löslichen Enden von $\dot{b}$), ähnliche Faktoren (z. B. in Gestalt von Melassebestandteilen im Gegensatz zur Raffinadelösung des Kandis) im Spiel.

Es ist wohl nicht unmöglich, daß die Umkehrung des Verwachsungspoles am Prehnit von Jordansmühl und von Ratschinges gegenüber demjenigen von Bourg d'Oisans oder des Struvit von Hamburg gegenüber dem Braunschweiger auf die gleiche Ursache zurückzuführen ist. Wo aber der Aufwachsungspol nicht sein Vorzeichen, sondern seine Lage vollkommen ändert, wie z. B. am Turmalin von Andreasberg gegenüber den meisten anderen Vorkommen, da wird man eine Änderung der Löslichkeitsvektoren annehmen.

Offenbar kann auch eine nichtpolare Richtung durch relativ große Löslichkeit ausgezeichnet und daher auch für Verwachsung und Aufwachsung von Bedeutung sein. So findet man die Kristalle der Weinsäure sehr häufig mit $\dot{c}$ aufgewachsen, diejenigen der Drogerie auch oft mit entsprechender Bruchfläche versehen; und in Übereinstimmung hiermit dürfen wir aus der in obiger Tabelle verzeichneten sehr großen Wachstumsgeschwindigkeit // $\dot{c}$ auf große Löslichkeit der annähernd quer zu $\dot{c}$ liegenden Flächen schließen. Daß an diesen mit $\dot{c}$ aufgewachsenen Kristallen die untere der beiden Flächen {011} fehlt, entspricht teils der Regel vom Oberflächenminimum teils den starken Diffusionsströmungen der Gebiete einspringender Winkel; daß nicht nur zwischen Kristallflächen untereinander, sondern auch zwischen Kristallflächen und der Matrix-Oberfläche einspringende Winkel vermieden werden, kann man außerordentlich häufig beobachten, z. B. an den der unteren Rhomboederflächen ermangelnden mit $\dot{c}$ aufgewachsenen Quarzsäulen.

Digitized by Google

Während die einfachen Rohrzuckerindividuen häufig mit dem analogen Pol aufgewachsen sind, findet man die hiernach verwachsenen Zwillinge stets mit $\dot{c}$ aufgewachsen; $\dot{c}$ entspricht hier also wohl wie bei Weinsäure einer Richtung[1] von großer Löslichkeit. So sind die mit dem antilogen Pol verwachsenen Prehnitzwillinge von Jordansmühl in der Regel mit $\dot{c}$ aufgewachsen, die mit dem analogen Pol verwachsenen Zwillinge von Bourg d'Oisans sitzen meist mit einem Ende von $\dot{b}$ auf.

Es dürften also zuweilen auch Kristalle ohne polare Richtungen durch bestimmte Aufwachsungen ausgezeichnet sein; man gestatte hier die Aufzählung einiger Beispiele: Eisenglanz von Elba (Dortmund, Dognacska u. a. F.) ist häufig mit einem Ende von [11$\bar{2}$0 : 0001] aufgewachsen (dem entspricht die Zwillingsverwachsung, siehe vorigen Abschnitt). Quarz oft mit $\dot{c}$; dies ist nach Königsberger und Müller[2] in der Tat unter den gegebenen Bedingungen die Richtung größter Lösungsgeschwindigkeit. Kalkspat von Andreasberg von der Form {0001}, {10$\bar{1}$0} mit einer Fläche von {0001} festgewachsen; die freie Fläche ist demgemäß viel stärker angeätzt als {10$\bar{1}$0}. Cölestin von Girgenti mit einem Ende von $\breve{a}$ aufsitzend; das freie (100) ist, wenn vorhanden, in der Tat ganz matt geätzt.

Baryt, tafelig nach {001}, mit einem Ende von $\breve{a}$ oder einer anderen in {001} liegenden Richtung aufgewachsen.

Goethit von Horhausen (Nassau) (Pleochr. $\dot{b} > \breve{a} > \dot{c}$, auf {010} grüne // $\dot{c}$ polarisierte Oberflächenfarbe, anscheinend $\breve{a} = c$, $\dot{b} = a$) tafelig nach {010} und meist mit einem Ende von $\dot{c}$ festsitzend.

Epidot hat ein Ende von $\dot{b}$ gedeckt, das freie (010) (Arendal, Alabaska) ist ganz matt geätzt. Natrolith ist mit $\dot{c}$, Kobaltblüte ebenfalls mit $\dot{c}$ aufgewachsen. Meroxen vom Vesuv, tafelig nach {001}, ragt meist mit {001} parallelen Richtungen auf, in solchen herrschte nach Königsberger und Müller[2] tatsächlich die größte Lösungsgeschwindigkeit, besonders im Gegensatz zu {001}.

[1] Dieser Ausdruck ist nur der Kürze halber gewählt; es kann sich nur um die Löslichkeit der zu jener Richtung annähernd senkrechten Flächen handeln.

[2] Centralbl. f. Min. etc. p. 359. 1906.

Digitized by Google

Auch an radialstrahligen Sekretionen findet man öfters Regelmäßigkeiten. Die „optisch-negativen" Chalcedonfasern sind vielleicht $\perp \dot{c}$ gestreckte und demgemäß verwachsene Quarzkriställchen. Apatit von Staffel (Nassau), „Staffelit", wuchs mit einem $\dot{c}$-Ende an der Innenwand des ursprünglichen Hohlraums auf. Die Eiszapfen oder Stalaktiten der Eishöhlen sind öfters radialstrahlig nach $\dot{c}$ gebaut.

Aragonit von Steiermark, „Eisenblüte", (wurde zunächst mittels Meigen's Reaktion als Aragonit nachgewiesen) ist radialstrahlig nach $\dot{c}$, Goethit von Přibram, „Sammetblende", ebenfalls. Die Nadeln der Fasergipse sind mit beiden Enden von $\dot{c}$ festgewachsen und die Wavellitnadeln stoßen mit je einem $\dot{c}$-Ende zusammen. Hier seien noch die hahnenkammförmigen Prehnitaggregate aus Tirol und dem Dauphiné und die radialstrahligen Prehnitgruppen aus dem Nahetal erwähnt, deren Individuen mit je einem Ende von b zusammenstoßen, sowie die garbenförmig mit $\breve{a}$ vereinigten Desminkristalle. In allen diesen Fällen finden wir, entsprechend der oben dargelegten Beziehung zwischen Lösungsgeschwindigkeit und Kristallisationsgeschwindigkeit, daß der Aufwachsungspol annähernd am Ende einer solchen Richtung liegt, die einen der größten Durchmesser des Kristalles darstellt, also entweder Streckung (Epidot) oder — wenn nicht singulär — tafeligen Habitus bedingt (Eisenglanz). So sind z. B. gerade die Turmaline von Andreasberg, die nach obigem nicht mit einem $\dot{c}$-Ende aufsitzen wie die meisten anderen Vorkommen, im Gegensatz zu diesen $// \dot{c}$ stark verkürzt, indem mit der Verminderung der Löslichkeit auch eine solche der Kristallisationsgeschwindigkeit Hand in Hand ging.

Zum Schluß sei im Hinblick auf obige Sinterbildungen und vielleicht auch die Teicheisbildung folgende Beobachtung mitgeteilt. Aus NaOH-Lösung kristallisierte infolge CO_2-Zutrittes $Na_2CO_3 . H_2O$, rhombisch. Formen {001}, {100}, {110}, {021}, {122}.

Winkel	gem. (Marignac)	gem. (Johnsen)
110 : 1$\bar{1}$0	79° 10′	79° 28′
001 : 122	43 23	43 17

Habitus tafelig nach {001}, gestreckt // b. Optische Achsenebene // {00}1, a = b = spitze Bissectrix. Die Kristalle hingen

Digitized by Google

nun sämtlich mit einem Ende von $\bar{b}$ an der Oberfläche der Lösung und nur an diesem war eine rauhe Fläche von {010} ausgebildet, (010) : (100) = 89° 24′ gem., 90° 0′ berechn. Hemimorphie schien nicht vorhanden zu sein, nach den Ätzresultaten und den pyroelektrischen Versuchen (bis 80° erhitzt) zu schließen.

Wenden wir den Blick noch einmal auf die Kristalle mit polaren Richtungen und ihre Zwillingsverwachsung zurück, so bleibt zu betonen, daß durch die Löslichkeitsdifferenz von Pol und Gegenpol zwar die Verwachsungsfläche bestimmt, nicht aber die Zwillingsbildung an sich verursacht werden kann. So sind an Turmalin, Resorcin und Milchzucker trotz der Existenz typischer Aufwachsungspole niemals Zwillinge beobachtet worden.

Ganz allgemein scheint mir die Verwachsungsfläche von Zwillingen unmittelbar durch die Art der jeweiligen Kristallflächen der Einzelindividuen bestimmt zu werden.

Flächenbegrenzung.

Hinsichtlich der Ausbildung von Zwillingen scheint ganz allgemein die Regel zu bestehen, daß die Zwillingsbildung weit mehr die Form und relative Größe von Kristallflächen als deren Charakter (Lage) zu beeinflussen scheint; eher dürften umgekehrt die Winkel der einen Zwillingskeim zunächst umgebenden Flächen über die Beständigkeit des Zwillings oder doch über dessen Verwachsungsfläche entscheiden, indem der eine Habitus durch die Verwachsung eine beträchtlichere Oberflächenvergrößerung erfährt als der andere, sowie bei dieser Verwachsungsfläche eine andere als bei jener.

Die Vizinalflächen, die Becke[1] als charakteristisch für die Nachbarschaft der Zwillingsnaht an Dolomit und Fluorit betonte und die schon von Streng als „Durchbruchsflächen", von Sadebeck als „sekundäre" Flächen und von Scacchi als „Polyedrie" beschrieben wurden, sind wohl solche indirekten

[1] Min. Mitt. 10. 135. 1888.

Digitized by Google

geringfügigen Folgen der Zwillingsverwachsung. L. Wulff[1] gibt an, daß Rohrzuckerzwillinge außer den Formen der einfachen Individuen ({100}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {011}, {$\bar{1}$01}) noch {001} zeigten. A. Sachs (dies. Jahrb. 1904. I. -21-) beobachtete an Karlsbader Zwillingen von Striegau eine Kippung von ($\bar{1}$01) um über 1°, so daß Annäherung an (001) eintrat; ich fand dagegen an künstlichen Ergänzungszwillingen des Bittersalzes, daß zwar der R-Kristall auch ein wenig an der Bildung von {1$\bar{1}$1}, der L-Kristall an derjenigen von {111} teilnahm, daß sie jedoch nur schmale und unebene Flächen hervorbrachten, und daß überdies auch daneben gebildete einfache Kristalle durchaus nicht frei von jenen Flächen waren; und die durch Scacchi[2] vom Vesuv beschriebenen Salmiakzwillinge nach (111) von der Form {100}, {101}, {111}, {211}, {321}, {312}, welche mit (111) verwachsen sind und 4 + 4 Flächen von {312} und {321} gemeinsam haben, führten auch die übrigen 38 + 38 Flächen jener Form (6 + 6 sind versteckt).

Ganz beträchtliche Formbeeinflussungen meint man an solchen mimetischen Zwillingen zu beobachten, welche auch durch einfache Schiebungen erhalten werden können. Dann grenzt häufig längs der Zwillingsnaht an jede Fläche diejenige an, die sekundär aus ihr hervorgehen würde; aber auch dies ist anscheinend nur dann der Fall, wenn jene Sekundärform bereits primär an jedem der Einzelkristalle abseits von der Zwillingsnaht auftritt. Es ist klar, daß die Oberfläche durch diese Art von Verzerrung die größtmögliche Annäherung an das Minimum erreicht. Bei dieser Sorte von Zwillingen, die wir oben im Nickelnatriumuranylacetat und im Nickelammonchlorid studierten, tritt auch während des Wachstums immer wieder weitere Zwillingsbildung auf, weil diese eben infolge der Mimesie die Oberflächengröße nur sehr wenig beeinflußt, während sonst im allgemeinen nachträgliche zwillingsmäßige Anlagerungen entweder weggeätzt oder überwachsen werden.

[1] Zeitschr. f. Krist. **14**. 552. 1887.

[2] Rendiconti Accad. Sc. Fis.-Mat. Napoli. p. 212. 1872.

Digitized by Google

Die bekannten Verzerrungen von Zwillingen erfolgen meist so, daß die Wachstumsgeschwindigkeit längs einer singulären oder mehreren gleichwertigen Richtungen der Zusammensetzungsebene zunimmt. Becke suchte den tafeligen Habitus mancher Zwillinge durch die Erwägung plausibel zu machen, daß die gelösten Molekeln längs der Zwillingsnaht die Wahl zwischen zwei Orientierungen hätten. Hierdurch wird aber die soeben erwähnte Bevorzugung gewisser Richtungen nicht erklärt; die Quarzzwillinge nach (11$\bar{2}$2) sind keineswegs nach der mit dieser Zwillingsebene zusammenfallenden Verwachsungsfläche tafelig, sondern sie sind nur nach [11$\bar{2}$2 : 1$\bar{1}$00] gestreckt; diese Streckung gibt im Verein mit der gewöhnlichen der Einzelkristalle // $\dot{c}$ einen nach (1$\bar{1}$00) tafeligen Habitus; die erstere Streckung zielt auf eine Beseitigung des einspringenden Winkels von 2 + 2 Säulenflächen ab. Die Disthenzwillinge nach (12$\bar{1}$) erfahren Streckung nach [12$\bar{1}$: 100]; welche gemeinsam mit der Streckung der zwei Einzelkristalle // $\dot{c}$ einen nach (100) tafeligen Habitus bewirkt. Diese Überwachsung einspringender Winkel, die wir so außerordentlich häufig an den Zwillingen von Hornblende, Augit, Kalkspat, Spinell und vielen anderen wahrnehmen und auf welche schon Sadebeck[1] hinwies, scheint lediglich die Folge von Konzentrationsströmen zu sein, die innerhalb einspringender Winkel besonders energisch auftreten müssen, weil hier auf ein bestimmtes Lösungsquantum eine größere Kristalloberflächenpartie substanzentziehend einwirkt als anderswo; hier findet also reichliche Zufuhr übersättigter Lösung und daher schnelleres Wachstum statt. Dieser Vorgang ist also oft sozusagen rein mechanischer Natur und hat dann mit der Oberflächenregel nichts zu tun; so finden wir an Magnetitzwillingen vom Zillertal oft, daß die drei einspringenden Winkel verschwinden, indem die zwölf zur Zusammensetzungsfläche (111) geneigten Oktaederkanten von 70½° durch sechs Oktaederkanten von 109½° ersetzt werden. Nun ergibt sich $Q = \frac{\text{Oberfläche}}{\text{Volum}}$ für einen modellartigen Zwilling mit einspringenden Winkeln $Q = 6\sqrt{3} = 10{,}39$,

[1] Angewandte Kristallographie. Berlin 1876.

Digitized by Google

ebenso wie für den gleichschweren unverzwillingten Kristall. Für tafelige Zwillinge mit einspringenden Winkeln ergibt sich, wenn man die Höhenlinie der Trapezflächen $= \frac{1}{10}$ der längsten Oktaederkante und $70^0 32' = \varphi$ setzt,

$$Q_1 = \frac{\frac{1}{4}\sqrt{3}+0{,}3}{\left[\left(\frac{1}{8}\sqrt{3}+0{,}1\cos\varphi\right)\left(\frac{1}{2}+\frac{0{,}1}{\sqrt{3}}\right)\left(\frac{1}{2}\sqrt{3}+0{,}1\right)-\frac{1}{8}\right]\frac{\mathrm{tg}\varphi}{3}-\frac{0{,}001\sin\varphi}{\sqrt{3}}} = 16{,}22.$$

Für den gleichen tafeligen Zwilling mit zugewachsenen einspringenden Winkeln ergibt sich, wenn man obigen Zähler $=$ A, den Nenner $=$ B setzt

$$Q'_1 = \frac{A+\frac{0{,}03}{\sqrt{3}}}{B+\frac{0{,}001\,.\,\sin\varphi}{\sqrt{3}}} = 16{,}41.$$

Es findet also durchaus keine Oberflächenverminderung statt.

Vielleicht öffnet sich bald ein Weg, Differenzen der Oberflächenenergie in calorischem Maße zu messen.

Einfache Schiebungen.

Die bereits oben (p. 262) betonte Unbeständigkeit der mechanisch erzeugten Zwillingslamellen des Nickelnatriumuranylacetats könnte vielleicht zu der Vermutung führen, daß die einfachen Schiebungen z. T. elastischer Natur seien und zur Formelastizität etwa in ähnlicher Beziehung ständen wie die Translationen zur Plastizität. Die „Größe der Schiebung" würde dann ungefähr den Grenzwert der elastischen Deformierbarkeit längs der Ebene der Schiebung und längs der Gleitfläche darstellen und das labile Gleichgewicht dieses elastischen Grenzzustandes, das vielleicht nur infolge beträchtlicher innerer Reibung bei manchen Substanzen scheinbar stabil ist, würde sich gegen den Umwandlungspunkt hin einem indifferenten nähern.

In dieser Hinsicht ist es von Interesse, daß W. Voigt[1] am Kalkspat innerhalb (11$\bar{2}$0) fast genau in der Schiebungsrichtung ein Minimum des elastischen Widerstandes feststellte.

[1] Ann. Phys. **39**. 432. 1890.

Digitized by Google

Am Dolomit, der wahrscheinlich Schiebungen nach {02$\bar{2}$1} eingeht, wurden die Dehnungswiderstände von VOIGT[1] leider nur für die theoretisch durch ihre Asymmetrie interessanten Ebenen {10$\bar{1}$1} bestimmt. Wenn das Eisen zu demjenigen der beiden möglichen Typen der regulär holoedrischen Körper gehört wie die meisten bisher untersuchten Kristalle, nämlich zum Steinsalztypus, so entspricht auch hier der Schiebungsrichtung, d. i. [111], ein Minimum des Dehnungswiderstandes.

VOIGT[2] stellte, um die Natur von Schiebungen zu studieren, zwei rechtwinkelige Kalkspatparallelepipede mit einem Flächenpaar senkrecht zur Ebene der Schiebung, im übrigen aber verschieden orientiert, her, unterwarf sie einem gegen jenes Flächenpaar gerichteten Druck, der bis zur Entstehung einer Zwillingslamelle gesteigert wurde, und berechnete aus jenen Minimaldrucken mittels der Elastizitätsmodule die scherende sowie die auf die Gleitrichtung entfallende Druckkomponente. Diese ergab sich nun bemerkenswerterweise für beide Parallelepipede verschieden, die Differenz lag nach VOIGT beträchtlich außerhalb der Fehlergrenze. VOIGT folgert daraus, daß ein Teil des Druckes für „intramolekulare Umlagerungen" verbraucht wird und daß letztere bereits bei einer Drehung der Teilchen um 1′ vollendet sind und nun sofort die Entstehung einer Zwillingslamelle bewirken. Das gleiche soll für den rückläufigen Vorgang gelten. Wir können das Resultat so ausdrücken, daß der Kristall, wenn sich die zweite Kreisschnittsebene während des Gleitprozesses z. B. genau in der Mitte zwischen den zwei sogen. Gleichgewichtslagen befindet, zwei verschiedene Zustände besitzt, je nachdem K_2 jene Mittellage von der einen oder von der anderen Seite her erreicht hat.

Es scheint mir noch nicht ganz entschieden, ob diese Ergebnisse VOIGT's der Wirklichkeit völlig entsprechen; schon ganz allgemein betrachtet, scheint doch die erzeugte Zwillingslamelle längs ihrer Grenze zum Hauptkristall sich in wesentlich anderem Zustand zu befinden als zuvor die in sie übergeführte Kristallschicht. Die zwei sogen. Gleichgewichtslagen erscheinen also kaum als gleich berechtigt und die Differenz ihrer Stabilitäten könnte wohl in gewissen Fällen so groß

[1] Ann. Phys. **40**. 642. 1890.

[2] Göttinger Nachrichten. p. 146. 1898.

Digitized by Google

werden wie anscheinend am Nickelnatriumuranylacetat. Daß hier die natürlichen Lamellen beständig erscheinen, ist nicht auffallend, denn sie keilen im Zentrum des Kristalles lückenlos aus und unterliegen nach außen dem Atmosphärendruck. Übrigens ist wohl anzunehmen, daß man auch mechanisch jene labile Gleichgewichtslage, d. h. die Zwillingslage dauernd müßte verwirklichen können, wofern man die betr. Schicht genau in jene Orientierung zu bringen vermöchte, anstatt sie ihr nur bis auf etwa einige Minuten zu nähern.

Die polaristrobometrischen Messungen zeigten uns oben, daß am sauren Magnesiumtartrat die einfachen Schiebungen zu Umlagerungen in die optisch isomere Modifikation sicherlich nicht führen; hieran anknüpfend könnte man die Frage aufwerfen, ob an enantiomorphen Körpern ohne „asymmetrisches Atom“ und an hemimorphen Substanzen wie z. B. Stephanit und Pyrargyrit oder auch an Dolomit u. a. etwaige Gleitflächen zu Symmetrieebenen werden. Die experimentelle Beantwortung dieser und ähnlicher Fragen wird unseren Einblick in jene eigentümlichen Deformationen vielleicht wesentlich vertiefen.

Königsberg in Pr., Mineral.-geol. Institut, Juli 1906.

Digitized by Google

des

eite
146
47
48
48
49
56
58
58
62
62
7
7
0
1

Digitized by Google

Digitized by Google

Petrographische Untersuchung der Basalte des Schwälmerlandes bis an den Vogelsberg.

Von

Heinrich Wiegel aus Neuhaldensleben.

Mit Taf. XI, XII und 2 Textfiguren.

Inhaltsübersicht.

Seite

Einleitung 346
I. Teil. Die wichtigeren und verbreiteteren Strukturarten 347
1. Die Dolerite 348
a) Der ophitische Dolerit 348
b) Der Enstatitdolerit 349
c) Die körnigen Dolerite 356
2. Die eigentlichen Basalte 358
a) Die hypidiomorph-porphyrischen Basalte 358
b) Die hypidiomorph-körnigen Basalte 362
c) Die Basalte mit umgekehrt ophitischer Struktur . . 362
II. Teil. Beschreibung der einzelnen Basaltvorkommnisse 367
1. Das kleine Vulkangebirge von Borken 367
2. Drei Kuppen zwischen Freudenthal und Gilserhof . . 370
3. Der Dolerit südlich von Pfaffenhausen 371
4. Der Batzenberg 372
5. Der Leidenberg und der Buchenberg 372
6. Der Sendberg westlich von Frielendorf 373
7. Das Buschhorn bei Neuenhain 374
8. Die Berge bei Linsingen 375
9. Die Landsburg 376
10. Die Basalte südlich von Allendorf an der Landsburg . 378
11. Der Bahneinschnitt am Bahnhof Ziegenhain 383
12. Die Enstatitdolerite von Ziegenhain 384
13. Der Dolerit östlich von Frielendorf 389

Digitized by Google

Seite
14. Der Dolerit am Spies bei Frielendorf 390
15. Der Gerstenberg und seine Umgebung 391
16. Der Dolerit vom Sangeberg 392
17. Die Basalte zu beiden Seiten der Steina 392
18. Die Vulkanreihe vom Hilgenholz bis zum Langenstein 394
19. Der Enstatitdolerit und die Basalte zwischen Röllshausen und Merzhausen 397
20. Der Pfarrwald und der Steimel bei Holzburg 399
21. Der Basalt vom Görzerholz 399
22. Die Basalte an der Fischbach südlich von Merzhausen 399
23. Der Steimel südlich von Fischbach 400
24. Der Reichberg 400
25. Das Köpfchen südlich von Willingshausen 400
26. Die Basalte und Dolerite zwischen Neustadt und Arnshain 400

Einleitung.

Das Arbeitsgebiet umfaßt in der Hauptsache den Kreis Ziegenhain, das sogenannte Schwälmer Land, und ist auf den Meßtischblättern Borken, Ziegenhain, Schrecksbach und Neustadt der kurhessischen Generalstabskarte topographisch dargestellt. Im Norden und Westen bildet die Schwalm mit ihrem Nebenflüßchen, der Wiera, eine Grenze, die geologisch dadurch gegeben ist, daß westlich von diesen beiden Wasserläufen auf weite Entfernung hin keine Basalte mehr vorkommen. Die östliche Grenze war durch die Vorarbeiten von W. Schulz, O. Reuber und C. Oebbeke bestimmt und fällt mit der Ostgrenze der von mir benutzten Meßtischblätter zusammen. Ebenso wurde auch über die Südgrenze der Blätter Schrecksbach und Neustadt nicht hinausgegangen. Der so umgrenzte Landstrich bildet jedoch keine geologische Einheit, sondern er charakterisiert sich als ein Teil der westlichen Hälfte der großen niederhessischen Senke. Was die Kartierung der Basalte anbetrifft, so war der nördliche Abschnitt des Gebietes bis zur Linie Allendorf a. d. Landsburg —Spies südlich von Frielendorf mit ziemlicher Genauigkeit schon auf dem Blatt Waldeck—Kassel der Dechen'schen geologischen Karte wiedergegeben. Der südliche Teil, besonders die Gemarkungen zwischen Ziegenhain, Schrecksbach und Neustadt wurden vom Verfasser in bezug auf die Basalte neu aufgenommen. Dabei hat sich eine wesentlich größere Ver-

Digitized by Google

breitung derselben herausgestellt, als auf der alten Schwarzenberg'schen geologischen Übersichtskarte angegeben ist.

Die Anregung zu dieser Arbeit habe ich von Herrn Geheimen Regierungsrat Professor Dr. Max Bauer erhalten. Sie bildet einen Teil der von ihm in die Wege geleiteten umfassenden Untersuchung des niederhessischen Basaltgebietes und ist unter seiner Leitung im mineralogischen Institut der Universität Marburg ausgeführt worden. Für die ihm dabei gewährte Anleitung und Unterstützung ist der Verfasser zum größten Danke verpflichtet.

I. Teil. Die wichtigeren und verbreiteteren Strukturarten der untersuchten Basalte.

Sämtliche Basalte des Arbeitsgebietes sind in ihrer holokristallinen Ausbildung feldspathaltig. Doch ist die relative Menge des Feldspats in den einzelnen Gesteinen sehr verschieden, und steht im umgekehrten Verhältnis zur Menge des Augits. In den feldspatreichen Abarten beginnt die Kristallisation des Feldspats vor oder mindestens gleichzeitig mit der des Augits. In den feldspatärmeren setzt dagegen die Bildung des Plagioklases erst nach fast vollständiger Ausscheidung des Augits ein.

Auf diesen Unterschied läßt sich im allgemeinen eine Trennung in Dolerite und in eigentliche Basalte begründen, indem man zugleich mit den holokristallinen Gesteinen auch ihre glasigen Ausbildungen berücksichtigt wie es von A. Streng vorgeschlagen ist[1]. Freilich waren die glasigen Ausbildungen der Gesteine nicht immer zu finden. In diesem Falle bildete dann der Grad des Idiomorphismus am Augit das Unterscheidungsmerkmal. Allerdings blieb trotzdem die Stellung einiger Gesteine noch unsicher.

Es wurde auch versucht, das Erz in seinen verschiedenen Ausbildungsformen (Ilmenit und Magnetit) als Kennzeichen für Dolerit, im Gegensatz zu Basalt anzunehmen. Doch ließ sich das nicht durchführen, da Gesteinsvarietäten, die ein und demselben Strom angehören, das Erz bald in der körnigen

[1] A. Streng, Übersicht über die eruptiven Gesteine der Sektion Gießen. Notizbl. d. Ver. f. Erdkunde. 1890. IV. Folge. 11. Heft. p. 18 ff.

Digitized by Google

Form des Magnetit, bald in der lappigen Form des Ilmenits enthalten. Für diese Fälle fand ich durchweg die Regel, daß die Kristallisation des Erzes in Magnetitform stets bereits vor Eintritt der Augitbildung nahezu vollendet ist. Wenn sich aber das Erz in Ilmenitform ausscheidet, so geschieht das erst während der Augit- und Feldspatperiode und dauert bis zum Schluß der Gesteinsverfestigung an.

1. Die Dolerite.

a) Der ophitische Dolerit vom Gipfel des Sendberges bei Frielendorf.

Das Gipfelgestein des Sendberges zeigt die typische Diabas- oder Ophitstruktur. Große, aber unregelmäßig begrenzte Augitindividuen sind kreuz und quer von Feldspatleistchen durchspickt.

Der Olivin als älteste Ausscheidung ist zwar etwas korrodiert, aber sonst regelmäßig entwickelt. Er schließt Schlackeneier, Flüssigkeitstropfen mit Libellen und rechteckige Magnetitkriställchen ein. Seine Bildungszeit reicht noch in die des Feldspats hinein, denn randlich umschließt er häufig von ihm winzige Leistchen. Die Umwandlung zu dem bekannten roten Mineral beginnt hier anscheinend bei den Erzeinschlüssen. Der Augit hat hellgelblichgrüne Farbe, aber keinen merklichen Pleochroismus. Die älteren, stark lamellierten Plagioklase, die mit dem Augit ophitisch verwachsen sind, und stets automorphe Ausbildung zeigen, sind einschlußfrei, wohingegen der zuletzt ausgeschiedene Feldspat meist xenomorph ist und sehr viel Einschlüsse von Apatitnadeln und Schlackenresten führt. Es ist für den Apatit bemerkenswert, daß er nur von den zuletzt ausgeschiedenen Mineralien umschlossen ist, und sich am zahlreichsten in der Schlacke vorfindet. Da ferner seine Menge nur sehr gering ist, glaube ich schließen zu dürfen, daß er hier zu den jüngsten Ausscheidungsprodukten des Magmas gehört. Das Erz, das in den Olivinen Magnetitform zeigt, ist sonst in lappiger Ilmenitform ausgebildet. Seine Entstehung durchdauert alle Verfestigungsperioden des Gesteins. In den Zwickeln zwischen den Feldspatleisten finden sich neben größeren Augiten noch geringe Grundmassenreste, die sich aus Augit- und Erzmikrolithen und feinen Apatitnadeln zusammensetzen.

Digitized by Google

Nicht immer ist die Ophitstruktur in der beschriebenen typischen Form entwickelt. So ist in dem Dolerit am Gilserhof (Blatt Borken) der Augit in kleineren Körnern ausgebildet, so daß er durch den Feldspat nicht so zerhackt erscheint. Aber trotzdem gewinnt er diesem gegenüber nicht an Idiomorphismus, und behält den Charakter als Zwischenklemmungsmasse bei.

Die glasige Ausbildung dieses Dolerits wurde am Gilserhof gefunden.

b) Der Enstatitdolerit.

Literatur.

1. C. Bickell, Diss. Marburg 1851. Über den Basalt und seine Veränderungen durch Verwittern. (Kottenberg bei Ziegenhain.)
2. F. Rinne, Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst. f. 1892. (Aus den Forstorten Kehreiche und Puppengehege bei Gottesbühren und von der Sababurg im Reinhardswalde.)
3. — Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst. f. 1897. (Blumenhain bei Borken und Buschhorn bei Neuenhain.)
4. — Sitz.-Ber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. 1893 u. 1894. (Sollinger Wald.)
5. M. Bauer, Sitz.-Ber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. 1900. (Zu den anderen noch Kottenberg bei Ziegenhain und Ronneburg bei Gelnhausen.)
6. C. Trenzen, Diss. 1902. (Analysen der Enstatitdolerite vom Buschhorn und Kottenberg.)

Aus der angeführten Literaturübersicht ergibt sich zugleich die zurzeit bekannte Verbreitung des Enstatitdolerits, innerhalb der großen Niederhessischen Senke. Danach kommt er im Norden zuerst im Sollinger Walde vor und findet sich dann im Reinhardswalde in ziemlicher Ausdehnung. Fast genau südlich tritt er nach langer Unterbrechung in großen ausgedehnten Strömen in dem Viereck der Schwalm zwischen Borken und Ziegenhain wieder auf. Noch weiter südlich sind nur noch kleinere Vorkommnisse bei Röllshausen auf dem linken Ufer der Schwalm und an der Ronneburg, unweit Gelnhausen, mit Bestimmtheit nachgewiesen.

In bezug auf das Alter läßt sich innerhalb des von mir untersuchten Gebietes ganz allgemein aussagen, daß sie mit zu den älteren Basalten gehören. Sie werden an verschiedenen Orten von anderen Basalten und von tertiären Sedimenten überlagert.

Digitized by Google

Die bis jetzt vorhandenen Analysen der in Betracht kommenden Dolerite seien hier gleich aufgeführt, ohne daß eine weitere Erörterung derselben beabsichtigt ist.

	1.	1a.	1b.	2.	3.
SiO_2	54,45	48,79	43,26	57,41	51,68
TiO_2	—	—	—	—	1,56
Al_2O_3	12,13	13,82	17,51	15,46	20,12
Fe_2O_3	15,25	15,37	15,09	13,05	5,17
FeO					1,08
CaO	6,06	3,94	1,29	6,60	6,49
MgO	5,81	1,24	1,17	4,12	4,10
Na_2O	3,68	2,72	0,12	4,35	3,36
K_2O	0,55	0,51	0,07	0,82	1,56
P_2O_5	—	—	—	—	1,11
H_2O	2,14	14,33	22,61	—	4,30
Sa.	100,07	100,72	101,12	101,81	100,53

	3a.	3b.	4.	4a.	5.
SiO_2	44,64	44,60	47,77	54,73	53,60
TiO_2	2,31	1,99	1,24	1,43	1,98
Al_2O_3	20,63	20,37	19,49	18,64	14,43
Fe_2O_3	11,60	12,41	8,60	5,47	1,62
FeO	2,98	2,67	2,87	8,24	8,70
MnO	—	—	—	—	Spur
CaO	9,47	6,90	9,63	6,22	8,00
MgO	0,47	4,30	6,11	2,01	0,41
Na_2O	3,20	1,86	1,87	2,17	5,61
K_2O	1,75	1,46	1,01	0,74	2,03
Seltene Erden	—	—	—	—	0,93
P_2O_5	0,81	0,56	0,74	0,36	0,16
H_2O	2,90	4,12	1,86	0,21	2,02
CO_2	—	—	—	—	0,52
SO_3	—	—	—	—	0,15
Sa.	100,76	101,24	101,19	100,22	100,16

No. 1—2 von C. Bickell.

„ 1. Kottenberg bei Ziegenhain, frisches Gestein aus dem Innern einer Kugel.

„ 1a. Kottenberg bei Ziegenhain, verwittert, mürbe, um den festen Kern liegende Zone.

„ 1b. Kottenberg bei Ziegenhain, äußerste, ganz verwitterte Schicht, die ein hellgelbes, in sich selbst zerfallendes Pulver bildet.

„ 2. Bruch unweit des Kottenberges??, frisches Gestein.

„ 3—4 von C. Trenzen.

„ 3. Kottenberg bei Ziegenhain, frischer Dolerit.

„ 3a. Kottenberg bei Ziegenhain } glasreich, aber stark zersetzt.

„ 3b. „ „ „ }

Digitized by Google

No. 4. Buschhorn bei Neuenhain, steiniger Basalt unter dem Glas, etwas verwittert.

„ 4a. Buschhorn bei Neuenhain, frisches Basaltglas.

„ 5 von F. Rinne, aus dem Forstorte Kehreiche bei Gottsbühren im Reinhardswalde.

Die Struktur der reinen Enstatitdolerite ist an allen Vorkommnissen des Arbeitsgebietes mit großer Gleichmäßigkeit entwickelt. Sie ist deutlich ophitisch, indem die idiomorphen Feldspatleisten die Augite häufig divergentstrahlig durchsetzen. Da jedoch, wie die zugehörigen Glasbasalte zeigen, die rhombischen Augite gleichzeitig mit dem Feldspat entstehen, aber diesem gegenüber eine schnellere und früher abschließende Wachtumstendenz besitzen, so bleiben ihre Säulenformen trotzdem immer noch trefflich gewahrt. Dabei sind die Enstatite in der Regel doppelt bis dreimal so groß als die Leisten der Feldspäte. Mit dem rhombischen Augit ist ferner noch in schon früher beschriebener Weise der monokline Augit verwachsen, der sich außerdem noch spieß- und keilartig zwischen die verzwillingten Feldspatleisten drängt. Meist ist der monokline Augit von zahllosen kleinen unregelmäßigen Rissen und Sprüngen durchsetzt, die wahrscheinlich in einer beginnenden Verwitterung des Gesteins ihre Ursache haben.

Die Enstatite haben auffallenderweise darunter bedeutend weniger gelitten. Die großen lappigen Ilmenite, die die monoklinen Augite und die Feldspäte bald durch- und bald umwachsen, durchdringen dagegen niemals den rhombischen Augit. Das deutet darauf hin, daß sie erst nach Schluß der Enstatitbildung begonnen haben, sich zu individualisieren. Die Betrachtung der Glasrinden macht diese Annahme zur Gewißheit.

Für das ganze Mineralgewebe ergibt sich so ein eigenartiges Bild, das die Enstatitdolerite im Schliff sofort erkennen läßt, ehe man den rhombischen Augit direkt bestimmt hat.

Ohne Bedeutung für die Struktur ist eine geringe Menge von Apatit. Seine Nadeln liegen meist gemeinsam mit kleinen Erzkörnern und den geringen niemals ganz fehlenden Glas- und Schlackenresten in den Zwickeln zwischen den Feldspäten. Das zwischengeklemmte Glas ist stets um so heller, je mehr es in seiner Menge zurücktritt. Ganz vereinzelt

Digitized by Google

findet man fast in allen Schliffen der reinen Enstatitdolerite noch kleine braune Körner mit hoher Licht- und Doppelbrechung. Ich halte sie für Olivinreste, die infolge der Umschließung durch die anderen Gemengteile der vollständigen Resorption entzogen wurden. Sonst ist Olivin in dem vollkristallinen Gestein nicht zu beobachten.

Etwas geändert wird das eben beschriebene mikroskopische Bild durch den Eintritt immer größerer Mengen von Glas- und Grundmassenresten. Aus der ophitischen Struktur entwickelt sich so ganz allmählich eine intersertale, die dem bekannten Meißnertypus sehr ähnlich ist. Dabei erreichen die zerhackten Enstatitleisten und die Augitspieße eine auffallende Größe, so daß sie schon bei etwa sechzigfacher Vergrößerung über das Gesichtsfeld hinausragen. Auch die Ilmenittafeln nehmen an Ausdehnung zu, dagegen werden die Feldspäte in ihrer Größe immer bescheidener und ihre Enden sind gegen das Glas hin häufig gegabelt. Das dunkelbraun durchscheinende Glas ist von feinen Augitnadeln durchzogen und von zahlreichen Erzmikrolithen durchsät. An manchen Orten wird das Gewebe dieser letzten Kristallisationsprodukte so dicht, daß von dem Glase nichts mehr zu bemerken ist. Für diese Schlacke ist besonders bemerkenswert, daß sie infolge des Vorherrschens der Augitnadeln stets faserig erscheint, während das bei anderen Doleriten nicht immer der Fall ist.

Ferner ist noch hervorzuheben, daß diese schlackenreicheren intersertalen Strukturen nicht an die Nähe der Stromoberfläche gebunden sind, deren Ausbildung man vielmehr deutlich von den in Rede stehenden zu unterscheiden hat. An einigen Orten wie bei Röllshausen, bei Röhrshain und am Buschhorn bei Neuenhain ist der Dolerit stellenweise durch die ganze Masse hindurch als dichte, blasenarme Schlacke erstarrt.

An beide schlackigen Ausbildungsformen knüpft sich jedoch der wesentliche Olivingehalt der Enstatitdolerite, aber wiederum für beide in sehr verschiedener Weise. Hier interessiert uns zunächst der Olivin in den intersertalen Doleriten mit viel Schlacke als Grundmasse. Er tritt darin einsprenglingsartig in einzelnen großen, stark korrodierten Körnern auf, führt Erz- und Glaseinschlüsse, zeigt zuweilen auch die

Digitized by Google

Umwandlung in das rote Mineral und unterscheidet sich so durch nichts von den Olivinen anderer Dolerite. Die schon von F. Rinne und M. Bauer gemachte Beobachtung, daß mit Zunahme des Olivingehaltes der Enstatitgehalt abnimmt, gilt auch von allen weiteren von mir untersuchten Doleriten. Doch läßt sich die Regel nicht so umkehren, daß man sagen dürfte: mit fallendem Enstatitgehalt nähme der Olivin an Menge zu.

Am Blumenhain bei Borken, sowie bei Ziegenhain fanden sich einzelne Schlieren im Enstatitdolerit, die sich durch besondere Grobkörnigkeit und Blasenreichtum auszeichnen, die aber ganz allmählich in den normalen Dolerit übergehen. Schon mit bloßem Auge erkennt man an den Handstücken deutlich die hellen Feldspatleisten und die großen, metallisch glänzenden Ilmenittafeln. In die Blasenräume ragen ebenso wie beim Dolerit von Londorf die freien Enden der Kristalle des Gesteins weit hinein. Sie sind von einem bald rötlichen, bald gelblich-grünen Verwitterungsprodukt bedeckt, das wahrscheinlich von einem dünnen Glasmantel stammt, der auf den Kristallen zurückblieb, als das empordringende und noch entstehende Gas die noch beweglichen Bestandteile des erstarrenden Magmas aus den Zwischenräumen zwischen den festen Körpern verdrängte. Vielleicht hängt damit auch die Grobkörnigkeit des Gesteins zusammen, indem einerseits das noch gelöste Gas dem Magma eine höhere Beweglichkeit verlieh und indem anderseits die entstehenden Blasen den Schmelzfluß durchrührten und dadurch den wachsenden Kristallen immer neue Nahrung zuführten. Als dann der Magmarest seine Beweglichkeit eingebüßt hatte, erstarrte er schließlich, indem er ein blumig-strahliges Gewebe von kleinen Augitnadeln, Feldspatskeletten und Erztafeln als zweite Generationen bildete. Vergl. darüber auch A. Streng: „Über den Dolerit von Londorf“ (dies. Jahrb. 1888. II. 204—209).

Das mikroskopische Bild erinnert zwar lebhaft an den Meißnertypus. Während aber in diesem die Augite meist idiomorph erscheinen, haben sie in dem vorliegenden Dolerit langgestreckte spießartige Gestalten, wobei durch die Seele dieser Spieße häufig eine Zwillingsgrenze hindurchzieht. Auffallenderweise ist in den gröbsten Teilen der blasigen Schlieren die Bildung des Enstatits vollständig unterblieben, während

Digitized by Google

er sich gegen den beiderseitigen normalen Dolerit hin ganz allmählich einstellt. Ferner fehlt auch der Apatit, was jedoch bei der durchgängigen Armut des Gesteins an diesem Mineral nicht von Bedeutung ist.

Endlich sei im Anschluß an das Obige hier noch erwähnt, daß Fr. Rinne (II. Abhandlung) aus den Borkener Enstatitdoleriten großblasige Ausbildungen beschreibt, „welche sich dadurch auszeichnen, daß an den Wänden der Blasenräume noch sekundäre, traubige Blasenbildungen zustande gekommen sind. Seine Fig. 29 stellt eine solche Erscheinung dar. Bei der Verfestigung des Basaltes bildeten sich erst die großen Blasen und es entspann sich später in dem gewiß schon sehr zähen Magma eine neue Gasentwicklung, welche die Wandungen der großen Blasen stellenweise aufblähte. Es heben sich an solchen Stücken diese sekundären Auftreibungen durch mehr bräunliche Farbe von dem schwarzen Untergrunde ab. Kleine Öffnungen auf ihnen rühren davon her, daß die Gase hier die Wandungen durchbrachen."

Die glasige Ausbildung des Enstatitdolerits findet sich besonders am Buschhorn bei Neuenhain und ist von hier bereits durch F. Rinne und M. Bauer ausführlich beschrieben worden.

Die Handstücke, die vom Buschhorn stammen und die man auf den Feldern und im Walde oberhalb Neuenhain zahlreich finden kann, haben die Form kleiner natürlicher Säulchen mit Glasköpfen, die zweifellos nach außen gerichtet waren. „Das Glas ist auf die äußersten 3—4 cm beschränkt und wird selten dicker. Man sieht darauf häufig die charakteristischen Formen der Stromoberflächen. Mit der Entfernung von der Grenze geht die schwarze Farbe des Glases ziemlich rasch in ein dunkles Braun über und der starke Glasglanz macht einem matten Schimmer Platz; die ganze Masse wird kristallinisch dicht, steinig. Im Schliff wird das Glas durchweg schön kaffeebraun durchsichtig, darin liegen, mehr oder weniger reichlich, Kristalle von Feldspat, von tafel- und leistenförmiger Gestalt, von rhombischem . . . Augit und von Olivin." Für die Feldspäte ist noch zu bemerken, daß sie in den äußersten Teilen keine Skelette gebildet haben, sondern höchstens nur eine ganz schwache Andeutung davon besitzen. Auch Glaseinschlüsse führen sie nicht. Die stets frischen

Digitized by Google

Enstatite haben regelmäßige Formen. F. Rinne erwähnt noch, daß kleinere Kristalle an den Enden gern auffasern, was ich jedoch in den zahlreich vorliegenden Schliffen nicht beobachten konnte; vielmehr zeigte sich überall eine domatische Endbegrenzung. Anfänge der Ophitstruktur machen sich hier und da geltend; in die größeren Enstatitsäulen sind nicht selten vereinzelte oder auch mehrere Feldspatleisten eingewachsen, die mit ihren freien Enden noch weit in das Glas hineinragen, so daß man kleine Kristallsterne erblickt, die sich aus fast gleich hell erscheinenden Augit- und Feldspatstrahlen zusammensetzen. Die ebenfalls noch sehr frischen und klaren Olivine sind sehr zahlreich, aber auffallend klein. Sie übertreffen in ihrer Größe weder die Feldspäte noch die Enstatite. Meist sind sie kristallographisch wohl begrenzt, z. T. auch rundlich eingebuchtet. Glaseinschlüsse, auch mit Dampfporen, sind in ihnen häufiger als beim rhombischen Augit und zuweilen auch zonar angeordnet. Kleinere Olivinkörner sind nicht selten von größeren rhombischen Augiten umschlossen. Obgleich nun zwar die Olivine älter sind als die übrigen Kristallbildungen des Glases und z. T. auch schon wieder in Auflösung begriffen waren, wie die häufigen Korrosionsbuchten es zeigen, so müssen sie doch als junge extratellurische Ausscheidungen angesehen werden. Es fehlen ihnen alle Merkmale der protogenen oder intratellurischen Gebilde, so insbesondere die Erz- und Flüssigkeitseinschlüsse.

Von den im holokristallinen Dolerit noch vorkommenden Mineralien fehlen hier also der monokline Augit, die Erze und der Apatit, wohingegen der Olivin reichlich auftritt, der dort in der Regel vermißt wird.

Ferner sei nur noch bemerkt, daß an einigen Stellen einige gröbere Fasern der bekannten im Glase mit der Annäherung an die schlackigen Partien sich einstellenden dunkeln Feldspatmäntel sich genauer beobachten ließen. Sie sind braun durchscheinend und besitzen hohe Licht- und Doppelbrechung und erheblich schiefe Auslöschung. Ich halte sie daher für feine Fasern eines monoklinen Augits und darf wohl diese Deutung auch auf alle ähnlichen Fälle übertragen.

Zum Schluß sei noch ein Wort dem wechselnden Olivingehalt der Enstatitdolerite gewidmet. Wir haben ge-

Digitized by Google

sehen, daß die Olivine nur in den Stromteilen vorkommen, von denen wir eine schnellere Abkühlung und Erstarrung annehmen müssen; und zwar ist der Olivingehalt um so geringer, je weiter der Kristallisationsprozeß im Augenblick der letzten Verfestigung gediehen war, je länger also die Molekularbeweglichkeit im ergossenen Magma erhalten blieb. Das erlaubt nun einen Schluß auf das Entstehen und Vergehen des Olivins. Man muß annehmen, daß in dem in Rede stehenden Magma durchgängig zuerst Olivin auskristallisierte. In den äußeren Teilen des Stromes war die Bildungszeit des Olivins naturgemäß kurz. Es konnten sich daher nur zahlreiche kleine Olivine bilden. Da aber ferner auch die darauf folgende Korrosionzeit bald unterbrochen wurde, so blieb der größte Teil der entstandenen Kristalle erhalten. In den inneren Teilen des Stromes bildeten sich dagegen bei längerem Wachstum viele große Olivine. Dafür dauerte aber auch die nachfolgende Zeit der auflösenden Wirkung des Schmelzflusses länger. Viele Olivine fielen derselben ganz zum Opfer und nur wenige retteten sich bis in die endgültige Gesteinsverfestigung hinüber. Daher führen auch die schlackig-intersertalen Dolerite häufiger Olivin, als die rein holokristallinen. Die Ursache der energischen Auflösung der Olivine ist vielleicht dieselbe gewesen, die die Bildung der Enstatite beförderte, denn diese scheinen auf Kosten jener entstanden zu sein, wobei eine chemische Umsetzung des Orthosilikats in das Metasilikat durch den Schmelzfluß hindurch vorzuliegen scheint.

Ferner ist es vielleicht für die Erklärung der Entstehung der Enstatite noch von Bedeutung zu bemerken, daß es mir trotz eifrigen Suchens nicht gelungen ist, in den Enstatitdoleriten irgendwelche protogene Olivinfelsknollen aufzufinden. Es ist das um so auffallender, als alle übrigen Basalttypen des Gebiets sehr reichlich damit versehen sind.

c) Die körnigen Dolerite.

Es sind Gesteine von sehr verschiedener Korngröße. Die Beschreibung knüpft zunächst an ein Vorkommen mit glasiger Ausbildung vom Fuße des Sendberges zwischen Frielendorf und Todenhausen an.

Das hellgraue Gestein ist sehr feinkörnig. Das Gerüst

Digitized by Google

der mikroskopischen Struktur wird durch die aneinanderstoßenden Feldspatleisten gebildet. In den Zwickeln liegen zu Häufchen zusammengedrängt die zahlreichen kleinen Augitkörner, die bald wohl ausgebildete Kristallformen besitzen, bald aber auch vom Feldspat in ihrem Wachstum behindert wurden. Der Olivin ist sehr reichlich vorhanden und in größeren und kleineren Körnern dem Gewebe eingesprengt. Er schließt insbesondere viele Magnetitkriställchen ein, während äußerlich Ilmenitlappen orientiert mit ihm verbunden sind. Auch sonst umgrenzt das Erz viele Augitkörner und Feldspatleisten oder ist auch dendritisch mit dem letzteren verwachsen. Apatit ist nur in Spuren vorhanden. Die Betrachtung des zugehörigen glasigen Dolerits gibt Aufschluß über die Ausscheidungsfolge der verschiedenen Bestandteile und damit auch über die Entstehung der geschilderten Struktur.

Die Art und Weise des Vorkommens der Glasrinde ist die gleiche wie am Buschhorn und am Gilserhof. In dem lichtgelben Glase schwimmen Olivin, Feldspat und monokliner Augit frei nebeneinader. Der Olivin tritt durch seine besondere Größe sehr hervor; er ist das älteste unter den Kristallgebilden. Seine regelmäßigen Formen sind nur selten durch kleinere Buchten gestört, die wohl eher als Wachstums- wie als Korrosionserscheinungen angesehen werden müssen. Eingeschlossen sind von ihm Glaseier und viele Magnetitkörnchen. Neben den großen Olivinen macht sich noch eine große Zahl ganz kleiner Olivinkriställchen geltend, die meist einschlußfrei sind und sich wahrscheinlich erst gebildet haben, als die molekulare Beweglichkeit des Magmas schon stark abgenommen hatte. Hier und da hat die zuletzt sich ausscheidende Olivinsubstanz noch die ersten Feldspatleistchen festhalten können. Das rote Mineral beginnt bei den größeren Kristallen stets am Rande. Auch sind viele von ihnen oft von konzentrischen Sprüngen im Glase umgeben. In bezug auf die Feldspäte und monoklinen Augite ist, mit Rücksicht auf die früher beschriebenen Gläser, besonders hervorzuheben, daß beide Mineralien hier gleichzeitig erscheinen, während sie in den anderen Doleriten nacheinander entstehen. Sie sind beide in reichlicher Menge in der vorliegenden Glasrinde schon in den äußersten Teilen als kleine Kriställchen ausgebildet. Die tiefer

Digitized by Google

gelegenen Feldspäte haben sich mit dem bekannten braunen Mantel umgeben, der aber nicht sehr an Dicke zunimmt, da die dazu notwendige Augitsubstanz fortgesetzt durch die wachsenden Augitkristalle verbraucht wird. Meist legen sich hier die braunen Mantelfasern der Länge nach an die Seiten der wasserhellen Leistchen und ragen büschelförmig über die Kopfenden derselben hinaus. In der rein schlackigen Zone ist bei reichlicher, undurchsichtiger Schlacke der Gehalt an Augitkörnchen dürftiger, auch die Feldspäte haben nur schwach die sonst üblichen Skelette ausgebildet. Wie bei den anderen Basaltrinden ist auch hier die innere porenreiche Schlacke erheblich stärker zersetzt als das äußere dichte Glas. Unterhalb dieser Zone zeigt das Gestein bei zurücktretender Schlacke wieder sehr zahlreiche Augitkriställchen, wodurch Übergangsstrukturen zum holokristallinen Dolerit entstehen.

Die meisten hierher gehörigen Dolerite haben weitaus gröberes Korn als der eben geschilderte, den ich eben darum herausgenommen habe, weil seine glasige Ausbildung einen tieferen Einblick in die Geschichte seiner Kristallisationsperioden gewährt. Aber auch in den gröberen Gesteinen bleibt der intersertal-körnige Charakter des Mineralgewebes im Unterschied zur Ophitstruktur immer gewahrt. Dieser Typus ist am Vogelsberg sehr häufig und besonders vom Dolerit von Londorf schon bekannt.

Ein noch etwas anderes Bild gewährt die Mikrostruktur durch Eintritt einer schwachen Rekurrenz in der Augitbildung, wodurch eine Andeutung von Porphyrstruktur entsteht, die sich aber immer nur stellenweise und stets in Verbindung mit rein intersertal-körnigen Doleriten findet. In dem jüngeren Dolerit auf dem Blumenhain bei Borken ist diese Abart sehr gut entwickelt, und ich werde mich daher im speziellen Teil des öfteren darauf beziehen.

2. Die eigentlichen Basalte.

a) Die hypidiomorph-porphyrischen Basalte

scheinen im Gebiet auf primäre Kuppen und auf das Innere mächtiger Lavaströme beschränkt zu sein.

Im Kuppengestein tritt diese Strukturform mit besonderer Schönheit im Basalt der Landsburg auf. In den

Digitized by Google

Dünnschliffen erscheint der Olivin meist bruchstückartig und nur ein kleiner Teil besitzt kristallographische Begrenzung. Da sich auch viele Enstatitbrocken vorfinden, stammen die Bruchstücke zweifelsohne von zertrümmertem Olivinfels her. Sie verraten ihre Herkunft zudem noch durch flächenhaft angeordnete Gas- und Flüssigkeitseinschlüsse. Die neugebildeten Olivine zeigen das dagegen nicht, führen aber gleich jenen auch Erzpartikelchen. Das Erz ist außerdem in zahllosen winzigen Körnchen durch das ganze Gestein verteilt und zählt gleich dem Olivin zu den ältesten Ausscheidungen. Der porphyrische Charakter der Struktur ist insbesondere durch Rekurrenz in der Augitbildung bedingt. Viele der großen Einsprenglingsaugite enthalten einen unregelmäßig-begrenzten, etwas helleren protogenen Kern. Um den letzteren hatte sich die neue Substanz zunächst mit vielen Schlackenresten und dann schlackenfrei angelagert und dabei kristallographische Formen herausgebildet. Ferner tritt stellenweise die erste Generation auch noch durch stern- und knäuelartige Gruppierungen besonders hervor. Zwillinge und Zwillingslamellen sind bei ihnen sehr häufig. Das Grundgewebe wird durch winzige Augitkriställchen und Feldspatleistchen gebildet, wobei jene, diesen gegenüber, stets idiomorph sind.

Glasige und schlackige Ausbildungen waren am Aufschluß nicht zu erhalten.

Am Strombasalt ist diese Strukturform ganz vorzüglich auf dem hohen Rücken entwickelt, der sich westlich von Röllshausen und Schrecksbach von der Kippelshecke bis zum Pfarrwald erstreckt. Von der einstmals mächtigen Basaltdecke sind jetzt nur noch geringe Überreste vorhanden, an deren höchsten Punkten jetzt noch die früher inneren Teile des Stromes erhalten geblieben sind, so daß man immer noch die Ausscheidungsverhältnisse der inneren und äußeren Schichten studieren kann.

Der innere Hauptbasalt, der nur noch an den höchsten Punkten zu finden ist, zeigt schon im Handstück seinen porphyrischen Charakter. In der schwarzgrünen oder dunkelgrauen Grundmasse erkennt man bereits mit bloßem Auge die großen rabenschwarzen, glänzenden Kristalle von Augit, die nicht selten zu 2—3 mm großen Sternen zusammen-

Digitized by Google

getreten sind. Der Olivin ist makroskopisch nicht zu erkennen. Auch unter dem Mikroskop tritt er trotz seiner zahlreichen großen meist stark korrodierten Körner nur dann deutlich hervor, wenn er durch das rote Mineral ausgezeichnet ist. Sein Alter wird durch häufige Einlagerung in die großen Augit-Einsprenglinge angedeutet. Diese sind um ein Vielfaches größer als die meisten Olivine. Gerade durch die hervorragende Größe und durch die schönen sternförmigen Gruppierungen der hellgelblichgrünen Augitkristalle, um zentrale Olivinkerne herum, wird dem mikroskopischen Bild sein eigenartiges Gepräge verliehen. — Doppelzwillinge sind bei jenen sehr häufig, und auch Zonar- und Sanduhrstruktur zeigt fast jeder Augit, je nach der Lage des Schnittes, mehr oder weniger gut. Fremde Einschlüsse sind im ganzen selten. Nur der äußere, merklich violett gefärbte Rand beherbergt zuweilen eine größere Zahl von Schlacken- und Erzpartikelchen. — Die Grundmasse besteht aus einem richtungslosen dichten Gewebe kleiner idiomorpher Augite und weniger selbständigeren Feldspatleistchen. Das Erz ist in lappiger und körniger Form ausgebildet; es umwächst oft die kleinen Augite und Feldspäte und gehört daher gleichfalls der letzten Verfestigungsperiode des Gesteins an. Manche dieser Ilmenitlappen sind so dünn, daß sie violettbraunes Licht durchlassen und schwachen Pleochroismus, sowie Doppelbrechung zeigen (Ilmenit II. Art). Ferner sind dem Grundgewebe noch Biotitfetzen, winzige braune, wenig schief auslöschende Hornblendesäulchen und spärliche Apatitnadeln eingelagert.

Die Dünnschliffe, die immer mehr äußeren Stromteilen, hier tieferen Schichten dieses Basaltstromrestes entnommen sind, zeigen ein wesentlich anderes Bild. Zuerst werden die Augiteinsprenglinge etwas kleiner und die Grundmasse ist schlackig-intersertal ausgebildet. Dann tritt der porphyrische Charakter immer mehr und mehr zurück und verschwindet schließlich vollständig, indem keine Rekurrenz in der Augitbildung mehr stattgefunden hat. · So zeigen diese äußeren Stromteile eine rein hypidiomorph-körnige Struktur. In ihnen scheint der Augit, im Verhältnis zum Feldspat, in größerer Menge vorhanden zu sein. Es hat das seinen Grund aber nur darin, daß die Substanz der großen Augite der inneren

Digitized by Google

Stromteile hier in viele kleine Individuen zerlegt ist, wodurch natürlich ein dichteres Gewebe entsteht. Dazu kommt noch, daß der Feldspat dann sehr oft nicht vollständig zur Ausscheidung gekommen ist, und daß daher eine bald wasserhelle, bald dunkelbraune Glasbasis nun reichlicheren Anteil am Aufbau des Gesteins hat. Eine allerdings nur scheinbare Veränderung in der Kristallisationsfolge entsteht dadurch, daß das Erz in dem glasreichen Basalt in Magnetitform früher als der Augit ausgebildet ist. Ich nenne das eine nur scheinbare Änderung, weil ich annehme, daß auch im Innern des Stromes zuerst Magnetit gebildet wurde, wie es spärliche Einschlüsse in den Olivinen und den großen Einsprenglingsaugiten noch erkennen lassen. Da aber die inneren Teile eines Lavastromes sich viel länger flüssig erhalten als die äußeren und sich dabei die Ausscheidungsbedingungen durch Verlust der Gase usw. ganz allmählich ändern, so wurde das anfänglich individualisierte Erz zum größten Teil wieder aufgelöst und später in Form von Ilmenit wieder ausgeschieden. Diese Vorgänge werden aber bei schneller Abkühlung nicht zur Reife kommen können, sondern vor ihrer Vollendung sich nacheinander ablösen. In der Tat finden sich in diesem Vorkommen die dementsprechenden Übergangsstrukturen. Das Glas ist in solchen Fällen tiefbraun gefärbt und hat jüngeres Erz in bekannter dendritischer und lappiger Form ausgeschieden, während sonst älterer Magnetit noch in reichlicher Menge vorhanden ist. Diese Erscheinung läßt allerdings eine zweifache Deutung zu. Entweder nimmt man an, das Erz sei noch nicht vollständig als Magnetit ausgeschieden gewesen, als die schnelle Abkühlung eine Unterbrechung herbeiführte; oder ein Teil des bereits ganz individualisierten Magnetits sei wieder aufgelöst worden, um dann später in Form von Ilmenit wieder ausgeschieden zu werden.

Beim Rückblick auf die Strukturformen der eben beschriebenen Basaltmasse fällt sogleich auf, daß die porphyrischen Einsprenglinge nicht Bildungen der intratellurischen Periode sein können, denn sonst wäre es nicht erklärlich, warum die äußeren Teile des Stromes keine Augiteinsprenglinge führen, während sie doch im Innern reichlich vorhanden sind. Es scheint mir dieses Vorkommen ein tat-

Digitized by Google

sächlicher Beweis für die bereits von F. Rinne vermutungsweise aufgestellte Erklärung für viele porphyrische Strukturen zu sein[1].

b) Die hypidiomorph-körnigen Basalte.

Denkt man sich aus den eben beschriebenen porphyrischen Basalten die großen Augiteinsprenglinge herausgenommen, so erhält man einen feinkörnigen Basalt ohne Rekurrenz irgend eines seiner Bestandteile; doch ist hier das Erz stets in Magnetitform, nie als Ilmenit ausgebildet. Wie schon oben ausgeführt, findet sich diese Strukturform in den allermeisten Fällen in genetischer Verbindung mit porphyrischen Basalten. So findet sie sich in schöner Weise nicht nur oberhalb Holzburg auf dem Pfarrwald, sondern auch auf dem Hornsberg bei Steina.

Mit bezug auf die im folgenden unter c) zu beschreibende Strukturart möchte ich noch besonders hervorheben, daß der Feldspat hier stets leistenartigen Charakter hat. —

In einzelnen Teilen der beiden oben genannten Basaltmassen ist der Feldspat entweder ganz im braunen oder klaren Glase stecken geblieben oder nur sehr dürftig zur Ausbildung gelangt. Derartige Ausbildungen hat man anderen Ortes vielfach Limburgite genannt. Für das von mir bearbeitete Gebiet halte ich es aber nicht für berechtigt, diese Basaltspezies auszusondern, da es sich in fast allen Fällen gezeigt hat, daß die hier vorkommenden sogenannten Limburgite nur glasreiche, wahrscheinlich durch schnellere Abkühlung entstandene Abarten holokristalliner Feldspatbasalte sind. Vergl. C. Trenzen, Diss. Marburg 1902. p. 25 ff.

c) Die Basalte mit umgekehrt-ophitischer Struktur.

Die folgende Strukturbeschreibung schließt sich im wesentlichen an die Gesteine an, die den westlichen Teil der Hochfläche zwischen Neustadt und Arnshain bedecken.

Die obige Überschrift habe ich gewählt, um kurz den ganzen Charakter der zu beschreibenden Struktur anzugeben. In der Tat handelt es sich um eine regelrechte Umkehrung der bekannten Diabasstruktur. Während dort große, unregel-

[1] Rinne, I. Abh. 1892. p. 76 und II. Abh. 1897. p. 88 f.

Digitized by Google

mäßig begrenzte Augitindividuen durch Feldspatleisten zerhackt werden, sind hier in den vorliegenden, meist mittelkörnigen Basalten große, vielfach verzwillingte, aber sonst unregelmäßig begrenzte Feldspatsysteme von zahlreichen idiomorphen Augitsäulen durchsetzt. —

Die Olivine besitzen hervorragende Größe und eigene Formen, sind aber vielfach stark korrodiert. Das Erz ist in Magnetitform vollständig individualisiert und hat dementsprechend auch ein hohes Alter. Die meist hellvioletten kurzsäuligen Augite geben durch ihre Zahl und durch ihren reinen Idiomorphismus der Struktur das eigentümliche Gepräge. Häufig zeigen sie eine schwache Rekurrenz und der porphyrische Charakter tritt dann um so mehr hervor, wenn die größeren Kristalle zu sternförmigen Gruppen mit einem zentralen Olivinkorn zusammengewachsen sind. Zwillingsbildungen sind sehr zahlreich, und die Sanduhr- und Zonarstruktur dieser Augite ist vielfach zu beobachten. Der Apatit ist sehr spärlich und ein jüngeres Ausscheidungsprodukt, aber doch älter als Feldspat. Die Zwischenklemmungsmasse besteht, wie schon gesagt, aus großen, vielfach verzwillingten, bald schweifartigen, bald eisblumenartigen, durch die Augitprismen zerhackten Feldspatsystemen. Auch Glas ist in nicht geringer Menge vorhanden. Es ist durch HCl leicht zersetzbar und scheidet dann beim Eintrocknen NaCl-Würfelchen aus. Es tritt auch bei nachträglicher Behandlung mit Fuchsin deutlich hervor, weil der Feldspat von HCl nicht angegriffen wird.

Ähnlich wie an dem Strombasalt vom Pfarrwald (siehe p. 359 f.) lassen sich auch hier in der Struktur zwei Spielarten unterscheiden, deren Entstehungsursache wie dort in der verschiedenen Abkühlungsgeschwindigkeit zu suchen ist. — In dem feinkörnigen, wohl schneller erstarrten Basalt sind die Augitkristalle verhältnismäßig klein, aber dafür in um so größerer Zahl ausgebildet worden, so daß dadurch der Schein eines großen Augitreichtums erweckt wird. Rosenbusch hat diese Struktur nach einem Vorkommen im Vogelsberg „Gethürmser Typus“ [1] genannt.

[1] Dies. Jahrb. 1904. Beil.-Bd. XIX. Taf. XXVIII Fig. 6 u. 7.

Digitized by Google

In der mittelkörnigen Spielart werden besonders die Augite immer größer und nehmen infolgedessen an Zahl ab. Dadurch gewinnt aber der Feldspat etwas an Idiomorphismus, der um so schärfer ausgeprägt ist, je mehr das Glas an Menge zunimmt.

Das ist die Strukturart, die auch nördlich und südlich von Homberg an der Efze reichlich vertreten ist. Sie wurde von W. Schulz zuerst eingehend beschrieben und hat von ihm den Namen Hügelskopftypus erhalten. Leider zeigen die von W. Schulz gebrachten trefflichen Mikrophotographien nicht das Wesen der Struktur, sondern nur Besonderheiten.

Die beiden genannten Spielarten derselben Struktur sind auf der Hochfläche von Neustadt—Arnshain durch Übergänge miteinander verbunden. So herrscht im südlichen und südöstlichen Teil in der Nähe von Arnshain der Gethürmser Typus vor, während nach Norden zu das Korn immer gröber wird, bis zu dem eigentlichen Hügelskopftypus der Neustädter Höhen.

Das Basaltglas des Hügelskopftypus ist in vorzüglicher Ausbildung vorhanden und an den Abhängen der Hochfläche verstreut zu finden. In unmittelbarer Verbindung mit dem holokristallinen Basalt habe ich es auf dem Köpfchen südlich von Willingshausen gesehen. Hier ist durch eine Steingrube im Walde ein kleiner Aufschluß geschaffen worden, der die verschiedenen Erstarrungsverhältnisse des vorliegenden Basaltes zeigt. Wir stehen hier anscheinend auf der oberen Decke eines kleinen Stromrestes, denn die Gesteinsoberfläche zeigt noch Andeutungen von Flußerscheinungen. Die Glasrinde ist hier erheblich dicker als bei den oben beschriebenen Doleriten vom Buschhorn etc. Sie hat aber auch ein ganz anderes Aussehen. Die Farbe ist dunkelschwarz und nur ganz matt glänzend. Die Poren sind nicht besonders zahlreich, aber sie erreichen oft die Größe einer Haselnuß und sind meist mit Zeolithen und Kalkspat erfüllt. Nach oben zu wird das Glas immer blasenreicher und schließt mit einer bolartigen Verwitterungsdecke ab. Nach unten hin geht das Gestein allmählich durch verschiedene Zwischenformen in den normalen Hügelskopftypus über, indem es gleichzeitig zuerst eine graue weißfleckige und schließlich dessen schwarzgrüne Farbe annimmt.

Digitized by Google

U. d. M. erkennt man in dem Basaltglas eine schon relativ große Menge von Kristallisationsprodukten. Die Olivine sind bereits vollständig zur Ausbildung gelangt. Sie besitzen schöne, nur wenig korrodierte Formen und führen viel Glas- und Erzeinschlüsse. Häufig sind sie von einem Mantel richtungslos angewachsener Augitkriställchen umgeben, was sich auch in den körnigen Teilen dieser Basaltart zuweilen findet. Eine Kontraktion der großen Olivine ist nicht selten durch Bildung von miarolitischen Hohlräumen, oder weit klaffenden Sprüngen, angezeigt. Der Augit hat ebenfalls schon zahlreiche große und kleine Kristalle gebildet, doch ist er anscheinend darin noch nicht vollständig zur Ausscheidung gekommen. Die größeren Augitsäulen besitzen in Zonar- und Sanduhrstruktur und Zwillingsbildung schon alle Eigenschaften der Augite des vollkristallinen Hügelskopftypus. Auch das Erz ist bereits in vielen Körnern vorhanden, aber ein großer Teil desselben muß noch im Glase stecken geblieben sein und bedingt dort in der Hauptsache die dunkelbraune Farbe. Diese wird noch wesentlich erhöht durch die Ausscheidung einer zweiten federartigen Generation der schon oben beschriebenen Titanaugite. Die kleinen Federchen sind hier allerdings nicht büschelförmig vereinigt, sondern durchziehen in großer Menge kreuz und quer die braune Masse und bilden so fast ein lockeres Gitterwerk. Der Salzsäure gegenüber ist das Glas sehr widerstandsfähig. Eine längere Einwirkung der Säure auf den Schliff, wobei der Kalkspat und die Zeolithe der Blasenräume vollständig zerstört wurden, hatte das Gesteinsglas nicht merklich angegriffen. In dem Gesteinspulver dagegen wurde es nach längerer Behandlung mit warmer konzentrierter H Cl auf einem Objektträger vollständig zersetzt Es bildeten sich nach scharfem Eintrocknen am Rande des Pulverhäufchens nicht nur viele Kochsalzwürfel, sondern auch zahlreiche gelbe Kriställchen eines Eisensalzes, die nur aus der Zerstörung des Glases hervorgegangen sein können. Von Feldspat und Apatit ist noch keine Spur vorhanden.

Diese treten erst in den tieferen grauen, schwarz und weiß gesprenkelten Teilen des Basaltes auf. Hier bemerkt man im Schliff sogleich, daß das noch stark vorherrschende Glas vollständig entfärbt ist, also wasserklar erscheint. Daraus

Digitized by Google

ist zu schließen, daß die eisenhaltigen Mineralien mit ihrer Bildungszeit abgeschlossen hatten. Es sind das der Olivin, der Augit und die Erze. Die letzteren besitzen teils körnige, teils lappige Formen, und auch das Titaneisen der II. Art Rinne's ist in seinen braun durchscheinenden Läppchen zahlreich vorhanden. Von den farblosen Mineralien hat der Apatit bereits kräftige lange Nadeln ausgebildet. Dagegen erkennt man an den wenigen schon anwesenden Feldspatkristallen, daß sie gerade inmitten ihres Wachstums von der Erstarrung des ganzen überrascht wurden. Die Feldspäte sind aber hier nicht in Form einzelner kleiner, doppelgabeliger Individuen ausgebildet, sondern die Substanz ist gleich zu größeren Zwillingssystemen zusammengetreten, wobei sich zuweilen eine mikroklinartige Gitterstruktur herausgebildet hat. Merkwürdig sind die Kristallisationshöfe der einzelnen Feldspatkomplexe. Von einer geraden kristallographischen Grenze aus lösen sie sich plötzlich gegen das Glas hin skelett- und gitterartig auf. Einige Beispiele zeigen, daß ein solcher Hof nicht aus regellos durcheinandergehenden Feldspatfasern besteht, sondern daß er ein Gitter darstellt, das aus verschiedenen, je für sich einheitlich und mit dem entsprechenden Kernteil gleich auslöschenden Systemen aufgebaut ist. In den Zwickeln dieses Gitterwerkes liegen viele winzige, unsichtbare Glasreste, die erst durch Ätzung mit H Cl und Färbung mit Fuchsin erkennbar werden. Nach außen zu wird das Gewebe immer feiner und schließt gegen das homogene Glas hin wolkenartig ab. Die äußere Grenze tritt so sehr in die Augen, weil durch den feinen Wechsel von Glas und Feldspatfasern eine teilweise Totalreflexion des Lichtes entsteht, die eine Trübung des Randes verursacht. Das helle Glas wird hier von der Salzsäure sehr leicht zersetzt und gibt eine starke Natriumreaktion. Dagegen tritt, wie auch zu erwarten war, beim Versuch unter scharfem Trocknen keine Bildung von gelben Kriställchen auf.

Die Entfärbung des Glases während des Schmelzflusses ist aber nicht immer in der Weise vor sich gegangen, daß die darin vorhandenen Augit- und Erzsubstanzen allmählich von den wachsenden Kristallen aufgezehrt wurden. Es trat vielmehr an vielen Orten nach anfänglichem, langsamem Wachs-

Digitized by Google

tum plötzlich die Notwendigkeit einer schnelleren Ausbildung der noch gelösten Augit- und Erzmassen ein. Das geschah dann in einer zweiten Generation, aber in Formen, die dem Hügelskopftypus besonders eigentümlich sind.

Die in Federbüscheln auftretenden Titanaugite jener zweiten Generation, welche man ausschließlich im wasserhellen Glase findet, sind bereits eingehend beschrieben worden. Die zweite Generation des Erzes ist dagegen sehr häufig, aber nicht immer, dem Feldspat eingewachsen.

W. Schulz[1] hat zuerst diese eigenartigen Erzbildungen aus dem Basalt vom Hügelskopf nordöstlich von Homberg an der Efze beschrieben und abgebildet.

II. Teil. Beschreibung der einzelnen Basaltvorkommnisse.

(Hierzu die Karte Taf. XII.)

1. Das kleine Vulkangebirge von Borken.

Südlich von Borken, zwischen den Orten Nassenerfurth, Stolzenbach und Marienrode dehnt sich ein kleines vulkanisches Gebirge aus, das sich in der Hauptsache aus zwei verschiedenen Gesteinen, aus einem älteren Enstatitdolerit und einem jüngeren körnigen Dolerit aufbaut.

Der Enstatitdolerit muß ursprünglich eine ausgedehnte Decke gebildet haben, die den ganzen Raum zwischen den oben genannten Orten einnahm. Sie ist durch Über- und Nebeneinanderfließen einer größeren Anzahl von kurz aufeinanderfolgenden Lavaergüssen zustande gekommen. Darauf deutet nicht zum wenigsten das häufige Vorkommen von Fladen- und Stricklava hin, die wiederholt mitten in der Decke ganz ähnlich wie bei Londorf auftritt, wo gleichfalls zwischen den einzelnen Strömen jegliche sedimentäre Zwischenlage fehlt. Das Liegende des älteren Dolerits wird vorwiegend von tertiären Süßwassersedimenten, Kiesen, Sanden und Tonen gebildet. Am Fuße des Giesenbühls, unmittelbar an der Straße nach Nassenerfurth schaut ein kleines Eckchen von festem Muschelkalk mit vielen Versteinerungen hervor. Ein Eruptionspunkt dieses Dolerits ist nicht mehr erkennbar, auch ihm zugehörige Tuffe waren nicht zu finden.

[1] Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XVI. p. 259 f.

Digitized by Google

Das ehemals zusammenhängende Lager ist später beim Ausbruch des jüngeren Dolerits stark gestört und zerstückelt worden. Am meisten zusammengehalten hat noch der östliche Teil, der Blumenhain. Die ganze westliche Hälfte ist dagegen in mehreren SSO.—NNW.-Streifen stufenförmig abgesunken. Einzelne dieser Stufen sind dann durch die Erosion entfernt worden, so daß die liegenden Sande und Kiese gleichfalls streifenartig entblößt wurden.

Auf mehreren Hauptspalten dieses Bruchsystems ist der jüngere Dolerit emporgestiegen. Von seinen Strömen ist jedoch nur noch auf dem Blumenhain eine zusammenhängende Decke von etwa 30—40 m Mächtigkeit erhalten geblieben. Dagegen markieren sich die verschiedenen Ausbruchspunkte noch sehr deutlich. Der bedeutendste scheint der Weinkopf, südlich vom Blumenhain, zu sein. Es ist von ihm aber nur noch der Stiel erhalten, der ringsum von tertiären Sanden und Tonen umgeben ist. Ein anderer kleinerer Stiel ist der Vordere Streiflingskopf, der durch die Decke des Enstatitdolerits hindurchsetzt. Auf der Westseite befindet sich eine ganze Reihe kleiner Ausbruchsstellen. Es ist aber untunlich, anzunehmen, daß sie alle einer und derselben Spalte angehören, doch beschränken sich die kleinen Küppchen auf eine schmale langgestreckte, von SSO. nach NNW. ziehende Zone. Am südlichen Ende derselben befindet sich westlich von den beiden Streiflingsköpfen ein schmaler tektonischer Graben, in welchen ein Streifen des Enstatitdolerits eingesunken ist. Auf die westliche Spalte desselben ist ein kleines Doleritküppchen aufgesetzt. Die interessanteste unter den anderen Kuppen stellt der Giesenbühl dar. An seinem Fuß durchschneidet die Straße von Borken nach Nassenerfurth tertiäre Sande und Tone; der schon oben genannte kleine Muschelkalkfelsen schaut unmittelbar über der Straße hervor, während auf der anderen Seite des Hügels die Unterlage vom älteren Dolerit gebildet wird. Blöcke des letzteren sind auf dem ganzen Abhang verbreitet, wohingegen das Gipfelgestein aus jüngerem Dolerit besteht. Zwei kleine Steinbrüche gestatten auch einen Blick in das Herz dieses Vulkanzwerges. Der äußere Mantel wird von einem stark porösen schlackigen Gestein gebildet, in welchem zahlreiche riesige, oft mehrere Kubikmeter messende

Digitized by Google

Blöcke des Enstatitdolerits schwimmen. Diese herrschen z. T. so vor, daß das jüngere Magma sich scheinbar nur apophysenartig zwischen sie hindurchgedrängt hat. Der Kern des Berges wird dagegen von einem unregelmäßig klüftigen, aber doch fest zusammenhaltenden Gestein gebildet, das dem jüngeren Dolerit angehört. Ein Rest eines breccienartigen Schlackenagglomerates ist auf der Ostseite von einem kleinen Schurf angeschnitten worden.

Die petrographische Untersuchung ergab, wie schon angedeutet, daß das ältere Gestein ein typischer Enstatitdolerit mit schlackig-intersertaler Struktur ist. Eine ganz holokristalline Ausbildung ist nicht gefunden worden. Dagegen ist Basaltglas auf den Abhängen gegen Borken hin sehr häufig. Das Auftreten desselben ist aber ein ganz anderes als wie es vom Buschhorn bei Neuenhain bekannt ist. Während dort das Glas die Kopfenden kleiner Säulchen bildet, ist es hier der äußerste Bestandteil der Strick- und Fladenlava. Die Mikrostruktur ist aber sonst dieselbe. „Weiterhin ist dieser Dolerit stellenweise stark blasig entwickelt und führt Hohlräume, die zuweilen die ungewöhnliche Länge von 12 cm bei einer Dicke von ½ cm erreichen“ (Rinne). Vergl. ferner Teil I, p. 353.

Der jüngere Dolerit bildet in erster Linie die ausgedehnte obere Decke des Blumenhains. „Zahlreiche Steinbrüche gewähren Einblicke in die geologische Natur des Vorkommens. Die Basaltmasse ist in vertikal stehende, oft bis ½ m dicke Säulen gegliedert, welch letztere daneben häufig noch eine ausgezeichnete plattenförmige Absonderung zeigt, so daß der Basalt zu Sitzplatten verwendet wird“ (Rinne). Das Gestein selbst stelle ich, besonders mit Rücksicht auf die schlackige Ausbildung, zu den körnigen Doleriten. Am grobkörnigsten findet es sich auf dem Weinkopf, bei Marienrode, auf dem Vorderen Streiflingskopf und auf dem Blumenhain. Das Kristallgefüge ist ein sehr lockeres, denn es wird von vielen mikroskopisch kleinen, aber scharfeckigen und drusenartigen Poren durchsetzt. Sie treten im Schliff besonders dann deutlich hervor, wenn sie von einer grünen serpentinartigen Substanz erfüllt sind. Der Feldspat und der Augit bilden größere und kleinere Kristalle, aber ohne dadurch eine

Digitized by Google

porphyrische Struktur hervorzubringen. Sie verhalten sich gegeneinander hypidiomorph; bald macht der Feldspat Eindrücke in den Augiten, bald der Augit solche in dem Feldspat. Eine für die Dolerite seltenere Erscheinung ist die, daß die größeren Augite vielfach zu zentrischen Gruppen verwachsen sind und häufig Zwillingsbildung zeigen. Das Erz ist Ilmenit und vielfach mit dem Olivin orientiert verwachsen. Der Apatit ist spärlich. In den zutage tretenden Gesteinsteilen zeigt das Innere der Olivinkristalle in der Regel eine an anderer Stelle zu beschreibende Pflock- und Faserstruktur.

Der jüngere Dolerit der westlichen kleinen Kuppen ist nur in seinem Korn etwas feiner als der gleichalterige Stromdolerit, gleicht ihm aber sonst in allen Stücken.

Der schlackige Mantel vom Giesenbühl zeigt im Schliff eine schwarze, im auffallenden Lichte rötliche Grundmasse. die aus einem nicht ganz dichten Gewebe von feinen Augitnadeln und kleinen Ilmenitskeletten besteht. Aus dem Grundteig heben sich die vielen schlanken, schwach gegabelten Feldspatleisten und die in geringerer Zahl vorhandenen, umgrenzten Augite durch helles Licht hervor. Die großen Olivine hat die Verwitterung bereits durch Serpentin voll ersetzt.

2. Drei Kuppen zwischen Freudenthal und Gilserhof.

Nördlich von Freudenthal liegen drei kleine flache Basaltkuppen in einer schnurgeraden Linie, von denen die beiden nördlichen nasenartig in ein von SO. nach NW. streichendes Tälchen hineinspringen. Da alle drei als primäre Kuppen anzusehen sind, und auch ihr petrographischer Habitus derselbe ist, läßt sich vermuten, daß sie einer in der Richtung des Tälchens ziehenden Spalte aufgesetzt sind.

Die Gesteine gehören den olivinführenden ophitischen Doleriten an. Allerdings ist die Ophitstruktur infolge zu schneller Abkühlung nicht voll zur Ausbildung gelangt. Aber gerade darin liegt die petrographische Wichtigkeit dieser drei Vorkommnisse. Es zeigt sich hier deutlich, daß die Ophitstruktur keine sekundäre Erscheinung ist, die man lediglich auf eine ganz allmähliche Abkühlung zurückführen dürfte, sondern daß ihr letzter Grund in einer primären Anlage des

Digitized by Google

Magmas, also in einem besonderen Mischungsverhältnis der Mineralsubstanzen zu suchen ist.

Der Dolerit des nördlichen Küppchens bei Gilserhof ist bereits im I. Teil, p. 348 f. beschrieben worden. Die Gesteine der beiden anderen Kuppen sind davon nicht wesentlich verschieden. Sie sind deutlich schlackig-intersertal ausgebildet, aber ohne den ophitischen Charakter zu verleugnen. Die Mesostasis ist infolge der schon sehr weit vorgeschrittenen Kristallisation des Ilmenits sehr hell. Sie besteht aus einem schokoladenbraunen Glase, das von zahlreichen Augitnadeln durchzogen wird. Das Erz ist meist dendritisch gewachsen und an den Kanten braun durchscheinend. Häufig sind die schwarzen Erzstriche auch gruppenweise parallel gestellt.

Ein Präparat vom mittleren Küppchen läßt eine abnorme Ausbildung erkennen, die vielleicht durch einen Einschluß veranlaßt worden ist. Die Feldspatleisten und die Erzlappen sind hier erheblich größer; besonders besitzen die letzteren die fünf- bis zehnfache Größe ihrer Verwandten im normalen Gestein. Auch die Schlacke ist erheblich reichlicher und dunkler. Sie besteht aus einem braunen Glase, das von einem sehr dichten Gewebe von Augitnadeln, Feldspatskeletten und Erzpartikelchen durchzogen wird. Die größeren Augitkristalle haben sich spießartig entwickelt und sind zahlreich vertreten. Dagegen fehlen hier die Olivine vollständig, obgleich das Hauptgestein sie in großer Menge führt. Eine ähnliche Abweichung von der Normalstruktur zeigt bei etwas feinerem Korn noch ein anderer Schliff aus den blasigen Teilen desselben Vorkommens.

3. Der Dolerit südlich von Pfaffenhausen.

Ein größerer Doleritkomplex befindet sich südlich von dem Dorfe Pfaffenhausen. Er wird von tertiären Sanden und Tonen unterlagert und besteht aus einem größeren und drei kleineren Teilen, die wohl ursprünglich zusammenhingen, aber durch die Erosion voneinander getrennt wurden. Das graue bis schwarze, beim Anschlagen klingende Gestein gleicht in seinem mikroskopischen Bau fast vollständig dem oberen Dolerit des Blumenhaines bei Borken. Nur das Erz ist mehr körnig ausgebildet, während es sonst seinem Alter nach der Ilmenitphase angehört.

Digitized by Google

4. Der Batzenberg.

Nördlich von Frielendorf und Verna erhebt sich als eine ganz flachgewölbte ausgedehnte Kuppe der Batzenberg. Das Gestein wird unmittelbar von tertiären Sanden und Kiesen unterlagert. Die Straße nach Wabern schneidet die Basaltkuppe oberflächlich an, und ein Steinbruch, der auf der Westseite der Straße zum Bau derselben angelegt wurde, gewährt einen weiteren Aufschluß. Die gegen den Berg hin einfallende schiefe Stellung der Säulen läßt auf den primären Ursprung der Kuppe schließen.

Ein Dünnschliff aus dem Säulengestein zeigt einen auffallend glasreichen Habitus. Die großen Olivine besitzen schöne, wenig korrodierte Formen und führen Glaseier und viele Magnetitkriställchen. Der Augit ist bereits zum allergrößten Teile individualisiert; seine mittelgroßen Kristalle beherrschen mit ihrer Menge den ganzen Schliff. Viele von ihnen haben bei Zonar- und Sanduhrstruktur teilweise violette Farbe. Das Erz ist bald körnig, bald dendritisch, lappig oder sternartig ausgebildet. Der Feldspat steht im Anfangsstadium seiner Kristallisation. Das reichlich vorhandene Glas hat ihm noch erlaubt, seinen Leistencharakter zum Ausdruck zu bringen. Seine Enden sind nur schwach gegabelt. Das dunkelbraune Glas wird von einem dichten Netz von Augit- und Apatitnadeln und von Erzdendriten durchzogen. Erst bei Einwirkung konzentrierter Salzsäure zersetzt es sich, und beim Eintrocknen entstehen gelbe Kriställchen und Kochsalzwürfelchen.

Das Altersverhältnis der verschiedenen Mineralien und ihre sonstigen Eigenschaften veranlassen mich, dies Gestein zu den eigentlichen Basalten vom Hügelskopftypus zu stellen. Die glasreiche Ausbildung wird in besonderen Abkühlungsverhältnissen ihren Grund haben.

5. Der Leidenberg und der Buchenberg.

Südlich von Stolzenbach und östlich von Dillich liegen zwei Basaltberge, von denen der kegelförmige Leidenberg als primäre Kuppe anzusprechen ist, während der breite längliche und auch niedrigere Buchenberg wahrscheinlich als der Rest eines aus dem Leidenberg ergossenen Stromes betrachtet

Digitized by Google

werden muß. Das Gestein des nördlichen Kegels hat die typische Ophitstruktur; das des südlichen Rückens ist mehr doleritisch-körnig, hat aber ausgesprochen allotriomorphen Augit.

6. Der Sendberg westlich von Frielendorf.

Der Sendberg stellt einen von Norden nach Süden gestreckten mächtigen Tafelberg dar, dessen schwach wellige und wenig nach Norden sich senkende Hochfläche etwa ¾ km in der Länge und ½ km in der Breite mißt. Der Abfall ist nach allen Seiten hin sehr steil und auf der Nordseite sogar stellenweise fast senkrecht. Es hat dies seine Ursache darin, daß das ganze Massiv aus Basalt aufgebaut ist. Dieser ruht im Westen, Norden und Osten auf den Braunkohlenbildungen Frielendorfs, im Süden dagegen auf einer nicht sehr starken Tufflage, die ihrerseits wiederum von der Braunkohlenformation unterlagert ist. Im Westen ist dem Sendberg eine kleine Kuppe, der Appelsberg, vorgelagert, der aber zum Hauptmassiv gehört und nur durch die erodierenden Kräfte von ihm getrennt worden ist. Wahrscheinlich hängen die Basaltmassen beider unter der schwachen Lößdecke noch zusammen. Ähnlich verhält es sich auf der Ostseite des Berges. Auch hier ist der untere flachere Abhang in einer Mächtigkeit bis zu 3 m von Löß überdeckt, der früher zur Ziegelfabrikation abgebaut wurde. Aus dem Löß schauen mehrere kleine Basaltrücken und -stufen heraus, die aber gleichfalls zum Hauptmassiv gehören.

Das Gestein selbst ist eingehend bereits im I. Teil, p. 348 geschildert worden. Es ist ein ophitischer Dolerit, wobei das Gipfelgestein den reinen Typus zeigt, während die unteren Abhänge und Vorberge im Osten und Westen mehr körnigen, aber doch stets xenomorphen Augit enthalten.

Als eine Sache für sich sehe ich das schon altberühmte Vorkommen des Glasbasaltes über dem „Bach“ zwischen Frielendorf und Todenhausen an, das durch den Weg, der beide Ortschaften verbindet, mehrmals angeschnitten ist. Am Ostausgange von Todenhausen wird der die Glasrinde tragende Dolerit von aschgrauem Tuff, und am Westausgange von Frielendorf von Palagonittuff überlagert. Die kleinen, die

Digitized by Google

Glasköpfe tragenden Säulchen des anstehenden Gesteins stoßen senkrecht auf die Tuffgrenze. Vielleicht hat man es hier mit Gängen zu tun, die den Tuff durchbrachen. Da ich aber die liegende Grenze dieses Dolerits nicht direkt beobachten konnte, so wage ich es noch nicht, das mit Bestimmtheit zu entscheiden. A. Denckmann und nach ihm auch F. Rinne berichten: „Der Tachylyt tritt in der Weise auf, daß er die Rinde über kopfgroßer, nach dem Zentrum zu unregelmäßig prismatisch abgesonderter Basaltkugeln bildet. Zwischen den Kugeln befindet sich gelber Palagonit." Ich habe solches an Ort und Stelle nicht beobachten können, halte es aber für sehr wahrscheinlich, daß das größere, dem schon erwähnten Palagonittuff angehörige Bomben sind.

Der aschgraue Tuff über Todenhausen besteht in der Hauptsache aus Quarzkörnern, zwischen denen Glaslapilli und Kristallfragmente von Augit und Olivin eingebettet sind. Auch fanden sich darin einige faustgroße Bruchstücke von Buntsandstein und eines grauen Quarzites, die aber keine Schlackenrinde besaßen. Hinsichtlich der Glaslapilli ist noch hervorzuheben, daß sie dem überlagernden Dolerit nicht verwandt sind. Sie gehören vielmehr einem, am Sendberg nicht gefundenen eigentlichen Basalt an, denn sie zeigen in ihrem braunen Glase nur Ausscheidungen von Olivin und Augit, wie es für die Gläser der feldspatarmen Basalte charakteristisch ist, während das Glas der Dolerite von Anfang an auch Feldspatkristalle enthält.

Der Palagonittuff war wohl ursprünglich eine Breccie von Glasstücken des Dolerits, die dann äußerlich durch die Verwitterung in eine gelbe Substanz verwandelt worden sind, die jetzt zugleich auch als Zement dient.

Am westlichen Fuße des Sendberges findet man einzelne Blöcke eines Enstatitdolerits und auch blasenreiche, stark schlackige Ausbildungen desselben. Ich werde darauf weiter unten noch einmal zurückkommen.

7. Das Buschhorn bei Neuenhain.

Südlich von Neuenhain und Dorhain zieht sich ein langgestreckter, halbmondförmiger Bergrücken etwa von SW. nach NO. hin. Den geologischen Aufbau desselben schildert

Digitized by Google

M. Bauer folgendermaßen: „Am Buschhorn bei Neuenhain wird der oben besprochene Basalt mit Glasrinde (Enstatitdolerit) von einer mehrere Meter mächtigen Schichtenreihe tertiärer Sande und Tone bedeckt, die ihrerseits wieder überlagert werden von einem porösen Dolerit. Es ist nicht unwahrscheinlich, daß dieser Dolerit aus einem älteren enstatitfreien und olivinreichen und aus einem jüngeren enstatithaltigen und olivinfreien oder -armen Strom besteht, die unmittelbar übereinander geflossen sind. Jedenfalls ist ein älterer Basaltstrom bedeckt von einem jüngeren Doleritstrom, der nach Osten hin weiter geflossen ist als jener, da man dort am Fuße des Buschhorns Enstatitdolerit ohne den liegenden Basaltstrom mit der Glasrinde anstehend beobachtet (am Bommert)." Alte Leute von Neuenhain erzählen, daß am Buschhorn in der sedimentären Zwischenschicht früher Braunkohlen gegraben worden seien. Das Eruptionszentrum ist sehr wahrscheinlich der Sendberg gewesen, da sich an dessen Westfuß über Todenhausen, wie schon oben erwähnt worden ist, glasige und schlackige und auch kristallinische Ausbildungen des Enstatitdolerits häufig in Stücken und Blöcken finden.

Der Enstatitdolerit und besonders seine Glasrinden sind bereits Teil I, p. 354 eingehend beschrieben worden. Der olivinführende Dolerit ist teils schlackig-intersertal, teils holokristallin ausgebildet und gehört den körnigen Doleriten an.

Ein am Bommert geschlagenes Handstück zeigt neben den gewöhnlichen Blasenräumen auch noch rundliche Höhlungen, deren Wände etwa auf ½ mm Dicke tief schwarz gefärbt sind, und sich darum von dem sonst grauen Dolerit deutlich abheben. Im Schliff waren einige sehr kleine dieser Räume noch mit ihrem Inhalt erhalten geblieben. Letzterer besteht anscheinend aus einer tonigen Masse, die durch die Magmahitze unter Feldspat- und Erzbildung auf einer schmalen Zone gefrittet worden ist. In der endogenen Kontaktzone hat sich ein blumigstrahliges Gewebe von Feldspat- und Erzskeletten gebildet.

8. Die Berge bei Linsingen.

In dem Walde zwischen Linsingen und Michelsberg liegen zwei kleinere Doleritkuppen, der Waltersberg und die Bornhecke, deren Abfall gegen Michelsberg von den Ein-

Digitized by Google

heimischen die Pfingsthute genannt wird. Der Ursprung dieser Vorkommen ist sehr zweifelhaft. Der erstgenannte Berg ist die bedeutendste Erhebung, die als runde Kuppe im Blick von Frielendorf her deutlich hervortritt. Die Unterlage wird von tertiären Süßwassersedimenten gebildet.

Das Gestein ist bei beiden Vorkommen dasselbe und stellt einen körnigen Dolerit von etwas gröberem Korn dar. Die großen Olivine sind meist z. T. in das rote Mineral umgewandelt, wobei aber die äußere Kristallzone häufig unverändert geblieben ist. Der Feldspat beherrscht den Schliff und bildet verhältnismäßig große Leisten. Die sehr kleinen, aber idiomorphen Augitkriställchen sind zu Häufchen in den Zwickeln zwischen den Feldspäten zusammengedrängt. Das Erz hat sich in Ilmenitform individualisiert.

9. Die Landsburg.

Nördlich von Allendorf erhebt sich unmittelbar über dem Schwalmfluß die Landsburg als eine der bedeutendsten Vulkanruinen der Gegend.

Die Schwalm folgt hier in ihrem von Treysa aus durchschnittlich nach Norden gerichteten Laufe einem tektonischen Graben von gleicher Streichrichtung, in welchem noch zahlreiche Reste des abgesunkenen Muschelkalkes und der Braunkohlenformation erhalten geblieben sind. Ferner findet sich auch auf der Ostseite der Landsburg ein weites Senkungsfeld. Zwischen diesen beiden Abbrüchen ist ein schmaler Horst von Buntsandstein stehen geblieben, der sich von Treysa nach Norden über Allendorf bis zur Altenburg im nördlichen Schwalmknie erstreckt. Auf diesem hat sich der mächtige Vulkan der Landsburg aufgebaut. Aber die dadurch bedingte exponierte Lage hatte es auch mit sich gebracht, daß er im Laufe der Zeit bis auf seinen Stiel wieder verschwunden ist. Doch ist seine Unterlage im Schutze der nach den Seiten übergreifenden festen Gesteinsmasse noch erhalten geblieben. Der ganze Aufbau des Berges wird schon durch seine verschiedenen Böschungswinkel deutlich. Vom Schwalmtale aus ist der erste steile Anstieg durch den Buntsandsteinsockel bedingt. Die obere Grenze desselben ist durch eine Geländekante im Süden, Westen und Norden des Berges gekenn-

Digitized by Google

zeichnet. Es beginnen dann direkt über dem mittleren Buntsandstein die tertiären Sedimente, die zunächst aus einer vielfachen Wechsellagerung von Kies, feinem weißen Sand und Ton bestehen, wie es ein früherer Aufschluß unter dem großen Steinbruch klar erkennen ließ. Die Anordnung der verschiedenen Materialien war in der Regel so, daß über Ton unmittelbar grober Kies lag, der nach oben dann allmählich in feinen Sand und schließlich wieder in Ton überging.

Nach oben schließen die tertiären Sedimente der Landsburg mit einer stärkeren Tonschicht ab, die stellenweise schlechten Ocker führt. Darauf legt sich ein etwa ½ m mächtiges Flöz einer sehr erdigen Braunkohle, die selbst endlich das unmittelbar Liegende des Basaltes bildet. Der Steinbruchsbetrieb hat die Gesteinsgrenze angeschnitten, doch war von einer Kontaktwirkung nichts zu erkennen.

Soweit die Sande und Tone reichen, ist der Böschungswinkel des Berges sehr flach. Erst mit dem Basalt beginnt dann der sehr steile Anstieg bis zum Gipfel. Die Basaltkuppe selbst hat die Form eines von SO. nach NW. streichenden Sarges von etwa 300 m Länge und 50—100 m Breite. Diese Gestalt legt es schon nahe, anzunehmen, daß der Vulkan in einer, die gleiche Richtung innehaltenden Gebirgsstörung seine Ursache haben müsse. Dieser Gedanke wird noch verstärkt durch das Vorhandensein mehrerer Basaltkanten, die in derselben Richtung streichend sich am unteren Ostfuß des Berges finden, und die ich für Nebengänge des Hauptschlotes halte. Ein großartiger Steinbruchsbetrieb hat die nördliche Stirnseite des Sarges angeschnitten und bietet einen trefflichen Einblick in den Aufbau desselben. Auf der Westseite des Aufschlusses sind die Säulen stark nach der Mittellinie des Berges zu geneigt und stehen senkrecht auf dem nach dem Inneren zu einfallenden, schon erwähnten Braunkohlenflöz. Nach der Ostseite zu werden die Säulen immer steiler und haben schließlich eine vertikale Stellung, so daß man den Eindruck erhält, als hätte man nur die Westhälfte des Berges vor sich und als fehle die korrespondierende Osthälfte. In der Tat mag es auch so sein. Man bemerkt nämlich auf der Ostseite des Bruches, mitten in dem aus festen Säulen bestehenden Gesteinskörper, eine etwa 1 m breite, senkrecht stehende,

Digitized by Google

stark verruschelte Zone, welche der Hauptstreichungsrichtung des Berges folgt. Sie wird erfüllt teils von einer unregelmäßigen Basaltbreccie, teils von Basaltplatten, die der Grenze des ungestörten Gesteins parallel stehen. Der ganze Inhalt dieser Zone ist sehr stark verwittert, während das Gestein sich sonst noch in frischem Zustande befindet. Aus den genannten Tatsachen schließe ich, daß eine spätere Verwerfung den Berg durchsetzt, an welcher seine ganze östliche Hälfte erheblich abgesunken ist. Das mag auch der Grund sein, weshalb auf der Ostseite der anstehende Basalt und der Basaltschotter sehr viel tiefer hinabreichen als auf der gegenüberliegenden Seite[1]. Bemerkenswert ist auch noch, daß die Köpfe der senkrecht stehenden Basaltsäulen durch den Druck des Gehängeschutts vielfach abgebrochen und abgeknickt sind (Taf. XI Fig. 1).

Die Mikrostruktur des Landsburgbasaltes ist an allen Orten dieselbe. Sie ist bereits Teil I, p. 358 geschildert worden. In den Blöcken am Süd- und Ostfuß des Berges fanden sich auch zwei kleine, von der anderen Gesteinszusammensetzung abweichende Partien, die man bei größeren Dimensionen vielleicht für Einschlüsse eines fremden Basalts halten könnte. Der eine hat etwa Stecknadelkopfgröße und gehört einem Enstatitdolerit an, da der vom Schliff getroffene Abschnitt vier Enstatitleisten mit den charakteristischen Augitmänteln zeigt. Das andere Fragment hat etwa die Größe einer kleinen Bohne. Es enthält in gleicher Weise zwei Enstatitleisten, und zeigt eine glasreiche Struktur mit tannenzweigähnlichen Erzdendriten, die an den Hügelskopftypus erinnert.

10. Die Basalte südlich von Allendorf an der Landsburg.

Überschaut man vom Ausgange des Dorfes Allendorf die südlich liegenden Höhen, so erblickt man ganz rechts den langen, bis nach Treysa hinstreichenden Buntsandsteinrücken, der auf der Ostseite von einer Verwerfung abgeschnitten ist. Links davon liegen auf dem jenseitigen Ufer des Dudersbaches drei flach aufragende Basaltkuppen, von denen die westlichste

[1] E. Becker, Diss. Halle 1904. p. 52 ff.

Digitized by Google

von der Bevölkerung Winterrotshege genannt wird, dann folgt weiterhin der Zipfenkopf und der Saalenkopf.

Überschreitet man nun den Dudersbach auf der nach Ziegenhain führenden Straße, so ziehen zunächst mächtige Blöcke von Braunkohlenquarzit den Blick auf sich. Links von ihnen erstreckt sich ein kleines schmales Wiesentälchen nach Süden hin. Unmittelbar vor der trompetenartigen Mündung desselben liegt mitten in der Wiese ein kleines rundliches bebuschtes Küppchen, in welchem sich ein kleiner verwachsener Schurf befindet. Unter der Rasendecke findet man in der Hauptsache Stücke eines blasigen und schlackigen Enstatitdolerits, unter denen sich zuweilen auch noch solche mit deutlicher Stricklava befinden. Folgt man dem Wiesentälchen noch weiter aufwärts, so bemerkt man, daß die westliche flache Böschung aus quarzitführenden Tertiärsanden besteht, während das östliche, viel steilere Ufer aus blasigem Dolerit aufgebaut ist. Nach etwa 200 Schritten schließt das Tälchen amphitheatralisch ab, und eine mächtige Doleritklippe ragt von Süden her noch nasenartig hinein. Diese ganze Partie, die den Namen Winterrotshege führt, wird im wesentlichen von Enstatitdolerit gebildet, der bald ganz schlackig, bald schlackig-intersertal ausgebildet ist. Die genannte Klippe ist von Quarzeinschlüssen geradezu gespickt. Es sind das wahrscheinlich Stücke der Braunkohlenquarzite, die vom fließenden Lavastrom mitgenommen wurden. Direkt unter der blasigen Klippe steht aber noch ein anderer dichter Dolerit an, der in einzelnen großen Blöcken aus dem Rasen am Grunde des Kesseltälchens hervorschaut. Es ist das ein hochkristalliner typischer körniger Dolerit mit vorherrschenden Feldspatleisten und zusammengedrängten Häufchen von Augitkriställchen. Das Erz ist als Ilmenit individualisiert, und der Apatit ist relativ reichlich vorhanden. Die großen Olivine führen sehr viel Magnetitkriställchen.

Während dieser Dolerit nur im Wiesengrunde ansteht, läßt sich der obere Enstatitdolerit noch in einem schmalen Rücken nach Süden bis an die Straße heran verfolgen; in einzelnen Blöcken ist er auch jenseits der Straße zu finden.

Die flache Senke, welche die Winterrotshege vom östlicher liegenden Zipfenkopf trennt, wird von geschichtetem

Digitized by Google

Tuff ausgefüllt. Am Wege, der vom Wasserleitungsbrunnen aus auf die Höhe führt, tritt er in dünnen Bänken heraus, die ungefähr von Osten nach Westen streichen und nach Süden hin steil einfallen. Er besteht aus einer Wechsellagerung von feinen grauen Aschen mit gröberen Schichten von Glaslapilli und Basaltbruchstücken. Auch Olivinfelsbomben mit Schlackenrinde kommen zuweilen vor. Das Glas und die Schlackenlapilli gehören teils einem eigentlichen Basalt, teils einem körnigen Dolerit an. Die kristallinischen Bruchstücke gleichen genau den beiden Doleriten von der Winterrotshege, denen sie auch wohl entstammen.

Der Zipfenkopf ist ein von SW. nach NO. streichender; etwa 600 m langer und 100 m breiter Rücken. Sein südliches Ende ist durch einen alten Raubbau aufgeschlossen. Das kleinklüftige, aber fest zusammenhaltende Gestein hatte den einfachen Brechwerkzeugen der Arbeiter unüberwindlichen Widerstand entgegengesetzt. Neuerdings hat man auf der Südwestseite einen neuen Bruch angefangen, der einen interessanten Einblick in den Aufbau des Rückens gestattet (Taf. XI Fig. 2). Gestein und Tuff stoßen hier in einer fast vertikalen Grenzfläche zusammen. Die auf diese zugehenden Basaltsäulen liegen dementsprechend horizontal. Nach der anderen Seite hin wenden sie sich teils nach oben, teils nach unten und schließlich kommt eine meilerartige Stellung zustande. Der Meiler selbst wiederum steht auf plattigem Basalt. Die Platten fallen stark nach dem Meiler zu ein, streichen aber nach Süden unmittelbar hinter dem letzteren zutage aus. Hier zeigt es sich, daß zwei Klüftungsrichtungen das Gestein durchsetzen. Die eine hat Säulen herausgebildet und die andere, dazu senkrecht stehende, gliedert die Säulen wieder in dünne Platten.

Das Gestein selbst ist ein körniger Dolerit mit schlackig-intersertaler Struktur. Der Olivin tritt meist in verhältnismäßig kleinen Kristallen auf. Nur zuweilen trifft man auf größere, aber dann protogene Körner. Die Augite zeigen trotz des körnigen Charakters der Struktur nicht immer eigene Formen. Das Erz ist teils körnig, teils lappig-dendritisch ausgebildet. Der Feldspat bildet die größten Kristalle des Mineralgewebes, dessen Grundgerüst er mit

Digitized by Google

seinen verzwillingten Leisten zusammensetzt. In den Zwickeln liegt die sehr reichliche Mesostasis, die bald aus einem braunen Glase mit Erzdendriten, Augit- und Apatitnadeln, bald auch aus einer undurchsichtigen Schlacke besteht. Gegen die Tuffgrenze hin nimmt in der Struktur die Schlacke auf Kosten der anderen Mineralien sehr stark zu. Selbst die Olivine sind hier nur in kleineren, spärlicheren Kristallen vorhanden, woraus wiederum zu schließen ist, daß sie auch im ganzen Gestein der Ergußperiode angehören, abgesehen natürlich von deutlich erkennbaren protogenen Bruchstücken. Der Augit ist nur als faseriger Bestandteil der Schlacke vorhanden, und die Feldspäte erscheinen in den üblichen Skeletten. Die ehemals vorhandene Glasrinde an der Tuffgrenze ist leider durch die Verwitterung zerstört worden.

Olivinfelsknollen sind im Dolerit sehr reichlich vorhanden, und zwar treten sie bemerkenswerterweise schwarmartig auf. Es können oft viele Kubikmeter des Gesteins gebrochen werden, ohne daß man auch nur eine einzige Olivinknolle zu sehen bekommt, während sie an anderen Stellen wieder dicht gedrängt sitzen. Auch das Material der Knollen ist ein sehr verschiedenes; bald bestehen sie aus fast reinem zuckerkornartigen Olivin, bald vorwiegend aus Augit und Enstatit. Die letzteren sind meist in Aggregate von derbem, grünlichem Magnesitspat und in Serpentin verwandelt, in welchem nur geringe Reste der ursprünglichen Mineralien liegen. Interessant ist ein Verhalten dieser verwitterten Olivinfelsbrocken, das man nur im Bruch selbst beobachten kann. Die Knollen nämlich, die den tieferen Teilen des Dolerits entstammen und in eben gebrochenen Säulen durch den Hammerschlag freigelegt worden sind, zeigen in diesem bergfeuchten Zustande eine helle rosa durchscheinende Farbe, die allmählich trüb wird und schon nach ungefähr einer halben Stunde in ein dunkles Schwarzgrün übergeht. Es liegt hier wahrscheinlich eine durch die Luft, nicht etwa durch Wasserverlust verursachte chemische Veränderung vor, denn durch nachträgliches Befeuchten kann die Rosafarbe nicht wieder hervorgerufen werden.

Ferner sind auch Quarzeinschlüsse stellenweise sehr zahlreich. Die Kontaktbeziehungen zwischen Einschluß und

Digitized by Google

doleritischem Magma sind hier aber andere als bei den eigentlichen Basalten. Während bei den letzteren sich stets der bekannte Porricinrand herausbildet, ist das bei diesem Dolerit nicht der Fall, obgleich deutliche Korrosionsbuchten auf eine erhebliche Einschmelzung des Einschlusses durch das Magma schließen lassen. Zunächst fehlt in dem vorliegenden Kontakthof der isotrope, wasserhelle, durch Einschmelzen von Quarz entstehende Rand. Es legt sich vielmehr eine schwarze Schlacke, in welcher nur kleine gewöhnliche Augite einzeln schwimmen, direkt an den Einschluß an. Weiter entfernt davon entsteht dann durch Eintritt schmaler Feldspatstrahlen eine mehr oder weniger breite Zone mit blumig-strahliger Struktur, die allmählich in den normalen Dolerit hinüberführt. Der Einschluß selbst ist stark gefrittet.

Östlich vom Zipfenkopf liegt eine flache Senke, die von tertiären Sedimenten erfüllt ist, und in welcher im Gegensatz zur Westseite jede Spur von Tuff fehlt.

Jenseits davon liegt der Saalenkopf. Es ist das eine breite flache Erhebung, an welcher sich äußerlich schwer erkennen läßt, ob man darin eine primäre oder sekundäre Kuppe vor sich hat. Jedoch ist der petrographische Charakter so eigenartig, daß man ihn wohl für einen selbständigen Ausbruchspunkt halten muß.

Das vollständig dichte, splitterig brechende Gestein hat matte, schwarzgrüne Farbe. U. d. M. löst es sich in ein sehr feines bis dichtes Gewebe kleiner Augit- und Feldspatkriställchen auf, aus welchem sich die großen schwarzen Erzkörner und -lappen wie Einsprenglinge herausheben. Selbst die Olivine treten bei ihrer Kleinheit nur wenig hervor, selten findet man davon größere Körner. Auffallend ist der ungewöhnliche Glimmerreichtum. Die zahlreichen Biotitfetzen erreichen solche Größen, daß man sie fast für Einsprenglinge halten könnte, wenn sie nicht allotriomorph gegen Augit und Erz wären. Ferner ist noch zu beachten, daß Augithäufchen und -augen sehr gedrängt auftreten. Ich führe das auf zahllose kleine eingeschmolzene Quarzkörner zurück, die bis auf den letzten Rest verschwunden sind, aber gerade dadurch die Bildung jener Augit- oder besser Porricinaugen veranlaßt haben. Ich komme später p. 396 noch einmal darauf zurück.

Digitized by Google

11. Der Bahneinschnitt am Bahnhof Ziegenhain.

Der Wolfshain nördlich von Ziegenhain wird an seiner südlichen Grenze von der Treysa-Malsfelder Bahn durch einen etwa 1½ km langen Einschnitt aufgeschlossen. Es sind dadurch drei Basaltvorkommnisse aufgedeckt worden, die sonst oberflächlich kaum zu bemerken gewesen wären.

Das südlichste Vorkommen ist der von A. von Koenen schon erwähnte Doleritgang. Ein bei Anlegung einer Wasserleitung des Bahnhofs neuerdings geschaffener Aufschluß hatte das Gestein teilweise angeschnitten. Der mehrere Meter breite Gang stößt dort direkt an den Septarienton, der in sehr steilem Winkel darunter einfällt. Eine Kontaktwirkung war nicht deutlich zu erkennen. Doch schien es mir, als hätte der Ton in der Nähe des Ganges seine Fettigkeit verloren und sei mehr bröckelig geworden. Wahrscheinlich hat der Gang hier auch eine Glasrinde besessen, die aber durch die, gerade auf der Grenze beider Gesteine zirkulierenden Gewässer vollständig zersetzt worden ist.

Man kann den Gang auf beiden Seiten des Einschnittes an den auf der Oberfläche liegenden Blöcken noch eine Zeitlang verfolgen. Er streicht in ungefähr nordsüdlicher Richtung.

Das Gestein selbst gehört im allgemeinen zu den körnigen Doleriten. Es ist aber in strukturellen Einzelheiten in nahe beieinander liegenden Punkten sehr verschieden, wie es ja auch bei der gangartigen Natur des Vorkommens zu erwarten ist. Die aus der Nähe der Ganggrenze genommenen, schon stark zersetzten Proben zeigen intersertale Struktur mit sehr reichlicher Schlacke. Beachtenswert ist, daß auch der Olivin hier nicht viel Zeit zur Kristallisation gehabt hat. Er hat sich in zahllosen auffallend kleinen Körnern ausgeschieden. Der Gangmitte gehören wohl die auf dem Felde und im Walde liegenden festen Blöcke an. Sie besitzen die körnige Doleritstruktur in holokristalliner Ausbildung. Die kleinen Augite sind darin oft zu Häufchen vereinigt. Das Erz hat Ilmenitform. Apatitnadeln durchziehen zahlreich die Feldspatleisten. Die Olivine sind meist rötlich zersetzt.

Etwa 200 m weiter aufwärts tritt auf der südlichen Seite des Einschnittes wieder Dolerit zutage. Die Lagerungsverhältnisse sind an der aufgeforsteten Böschung nicht zu erkennen.

Digitized by Google

Der Graben der Wasserleitung zeigte, daß sich der Septarienton ganz sanft unter den Dolerit hinabsenkt. Der untere Teil des letzteren ist in grellroten Basalteisenstein umgewandelt worden. Gerade das macht es wahrscheinlich, daß man es mit einer Mulde im Septarienton zu tun hat, die durch einen Lavaerguß ausgefüllt wurde. Südlich von der Bahn tritt in einem Hohlwege das Gestein noch einmal hervor und wird hier auf beiden Seiten von tertiären Sanden und Quarziten begleitet.

Die Struktur ist intersertal mit sehr viel braunem Glas in den Zwickeln. Sie unterscheidet sich aber von der des vorhin beschriebenen Gangdolerites besonders durch die geringe Selbständigkeit der Augite, so daß ich den vorliegenden Dolerit zu den ophitischen stelle. Das Erz ist Ilmenit in lappiger Form.

Nördlich von der Bahn finden sich im Wolfshain viele Doleritblöcke, welche die Ophitstruktur in noch reinerer Ausbildung zeigen. Wahrscheinlich setzt sich das in Rede stehende Lager noch bis dorthin fort.

Zum dritten Male endlich findet man in dem Bahneinschnitt einen Dolerit an dem Übergange des Weges nach Röhrshain. Das Gestein steht auf beiden Seiten der Bahn an, ist aber oberflächlich nicht wahrzunehmen, da es von einer schwachen Sandschicht bedeckt ist. Erst weiter nördlich, sehr nahe dem Walde, tritt es durch diese Decke als ein flacher Rücken wieder hervor, in dem eine kleine Steingrube angelegt worden ist. Das Gestein zeigt Intersertalstruktur mit sehr schwach idiomorphem Augit.

12. Die Enstatitdolerite von Ziegenhain.

(Vergl. dazu M. Bauer. Sitz.-Ber. d. Akad. d. Wiss. Berlin 1900. p. 15.)

Das bedeutendste und zugleich auch interessanteste Vorkommen des Enstatitdolerits befindet sich nördlich von Ziegenhain und durchzieht die Gemarkungen von Niedergrenzebach bis nach Rörshain. Der Eruptionspunkt dieser Massen ist sehr wahrscheinlich westlich von Niedergrenzebach in dem Forstort Kessel in der Umgebung des ehemaligen Bergwerkes zu suchen. Hier liegt nicht nur die höchste Erhebung des ganzen Vorkommens, sondern der Dolerit wird hier auch sehr

Digitized by Google

wahrscheinlich von geschichteten Tuffen um- oder unterlagert. Allerdings war das letztere nicht direkt zu beobachten. Man kann aber auf den alten Halden des ehemaligen Bergwerkes zahlreiche Tuffstücke auflesen, die noch deutliche Schichtung erkennen lassen. Auch Bruchstücke eines abnorm zusammengesetzten Dolerits fanden sich dort. Das Gefüge desselben ist so locker, daß man ihn auf den ersten Blick für Tuff halten könnte. Zwischen den Fingern läßt sich das graue Gestein leicht zerreiben. Unter der Lupe kann man deutlich die größeren Feldspatleisten und die metallisch glänzenden Ilmenittafeln erkennen. Die Untersuchung des Dünnschliffes macht es zur Gewißheit, daß man hier ein aus dem Schmelzfluß erstarrtes Kristallgefüge vor sich hat. Die großen verzwillingten Feldspatleisten bilden eine typische Intersertalstruktur. Als Zwischenklemmungsmasse dient ein braunes Glas, das von vielen quergegliederten Apatitnadeln durchzogen wird, die wohl älter als der Feldspat sind. Als Erz tritt Ilmenit auf, der in größeren Lappen die Feldspäte durch- und umwächst. Abgesehen von einigen protogenen Augitkörnern fehlen alle anderen sonst in den Doleriten wesentlichen Gemengteile.

Der Tuff setzt sich in der Hauptsache aus Quarzkörnern zusammen. Besonders die feineren Schichten bestehen fast nur aus solchen. In den gröberen Teilen stellen sich neben Kristallbruchstücken von Augit und Olivin insbesondere viele kleine Lapilli des oben beschriebenen abnormen Dolerits in seinen verschiedenen Erstarrungsformen ein. Die honiggelben Glaskörner zeigen nur andeutungsweise kleine Feldspatskelette. Die faserig-schlackigen Fragmente fallen durch ihre körnige, schwarze Grundmasse auf, aus welcher die sehr langgegabelten Feldspäte hervorleuchten. Die kristallinischen Lapilli endlich gleichen vollkommen dem augit- und olivinfreien Dolerit und sind nur im Korn etwas feiner.

Die in der Umgebung des ehemaligen Bergwerkes geschlagenen Handstücke zeigen eine große Fülle von wechselnden Erstarrungserscheinungen des Enstatitdolerits.

Beim alten Bergwerk, am Wasserwerk von Niedergrenzebach und am Hellberg bei Ziegenhain finden sich zahlreiche Bruchstücke, die Teile der Stromoberfläche mit den charakte-

Digitized by Google

ristischen Tauen und Wülsten zeigen. Im mikroskopischen Bild erkennt man in der schlackigen Grundmasse neben den gegabelten Feldspäten nur kleine Olivine und kleine Enstatite. Dagegen haben die stark schlackig-intersertalen Teile des Strominnern, die sich vorzüglich an den Rändern des jetzigen Lagers finden, stets große Olivine und große Enstatite. Je mehr die Schlacke zurücktritt, desto mehr nimmt die Menge des Enstatits zu und die des Olivins ab (vergl. Teil I, p. 349—356).

Von dem mutmaßlichen Krater aus hat sich ein mächtiger breiter Lavastrom des Enstatitdolerits in ϱ-förmigem Laufe nach NW. ergossen, dessen letzte Teile wahrscheinlich bei Rörshain zu suchen sind, und der daher eine Länge von über 5 km erreicht. Die Erosion hat ihn in mehrere Stücke zerschnitten. Der östliche, mit dem Krater noch zusammenhängende Teil ist durch eine größere Anzahl kleiner, ihm aufgesetzter Kegel und Grate verziert.

Dort wo unterhalb der Jungfernäcker die Straße von Nieder- nach Obergrenzebach den Strom etwas anschneidet, bilden Melanientone mit schneckenführenden Kalkknollen das unmittelbar Liegende des Dolerits. Ein kleines isoliertes Küppchen, das hier südlich der Straße liegt, ist nur ein abgeschnittener Stromteil. Der Grenzebach durchschneidet den Strom unmittelbar vor dem Dorfe Niedergrenzebach zum ersten Male bis tief unter seine Sohle hinab. Am Nordausgang des Ortes kann man an der Straße nach Schönborn folgendes Profil beobachten: Zu unterst ein dunkelgrauer Sand mit Eisensteinnieren, darüber eine fingerdicke Lage eines schwarzen erdigen Tuffes, dann eine schwache palagonitähnliche Schicht, worauf dann blasiger Dolerit mit Oberflächenbildung folgt, der allmählich in das dichte Gestein überführt. Dieses zeigt eine unregelmäßige großklotzige Klüftung. Ferner bemerkt man, daß sich die Sandunterlage muldenförmig unter den Lavastrom hinabsenkt. Überschreitet man nun den Bach und wendet sich nach der Nordseite des Basaltstroms, so erreicht man das hier wieder aufsteigende Liegende in einer Sandgrube, die einen im frischen Zustande merkwürdig graugrün gefärbten, sehr feinen Sand enthält, der sich aber an der Luft sehr schnell rostbraun färbt. Geht man von der Sand-

Digitized by Google

grube aus nach NO., so trifft man einen Hohlweg, der den Basalt etwas anschneidet. In einem hier auf der Südseite befindlichen alten Steinbruch hat das Gestein eine undeutliche säulige Absonderung.

Den interessantesten Aufschluß des ganzen Vorkommens findet man an der großen von Ziegenhain nach Leimsfeld führenden Straße. Der Doleritstrom ist an dieser Stelle wiederum bis auf seine Sohle durchschnitten, die sich auf der nördlichen und südlichen Seite muldenartig in die Höhe hebt. Am südlichen Ende des Aufschlusses wird der unterliegende Sand gegraben und es ist dadurch folgendes kleine Profil aufgedeckt (Fig. 1):

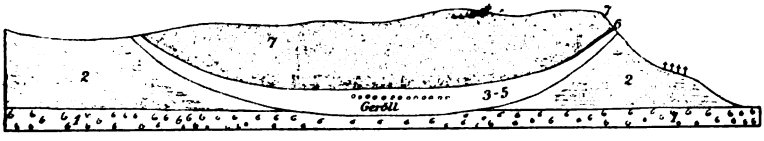


Fig. 1. Hellberg (Kottenberg) bei Ziegenhain (schematischer Durchschnitt).

7. Blasiger Enstatitdolerit (zu oberst).
6. Schwarzer erdiger Tuff 1—2 cm.
5. Gelber Sand und Ton wechsellagernd 100 cm, nach rechts oben sich auskeilend.
4. Flache Hornsteinnieren 5 cm.
3. Grober roter Sand 5 cm.
2. Rot und grün gebänderter Sand, der allmählich nach unten in feinen homogenen Grünsand übergeht.
1. Melanienton.

In der Mitte des Anschnittes wird das Liegende des Dolerits stellenweise von einem Lager typischer Flußgerölle gebildet, die in der Hauptsache aus Quarz, Quarzit und Kieselschiefer bestehen. Aus allen den angeführten Einzelheiten der Unterlage des Basaltes ist der Schluß zu ziehen, daß der vorliegende Lavastrom wahrscheinlich einem zu jener Zeit bestehenden Flußtale gefolgt ist.

Während die beiden Flanken des Stromes in diesem Anschnitte von blasigem Dolerit gebildet werden, beobachtet man im mittleren Teile eine mauerartige Packung von mächtigen 1—3 cbm großen Blöcken, zwischen denen sich ein gelber, leicht zerfallender Mörtel befindet (Taf. XI Fig. 3).

Digitized by Google

Die Blöcke selbst haben eine ausgezeichnete Wollsack- oder Kugelform. Sie werden durch eine radiale Klüftung in radspeichenähnlich gestellte Säulchen zerlegt. Manche der großen Blöcke zeigen eine etwa fingerdicke ringsherumlaufende Glasrinde, und man kann da vom Rande bis zur Mitte dieselben Erstarrungsverhältnisse beobachten, wie sie schon von den Glasrinden des Buschhorn bei Neuenhain geschildert worden sind. Äußerlich ist die Glasrinde teilweise in eine palagonitähnliche Substanz verwandelt, in welcher sich noch viele runde Glaseier und Glasperlen mit schaliger Verwitterungsrinde finden. Alle Blöcke des Aufschlusses besitzen diese mit Glasresten gespickte Hülle, so daß daraus zu schließen ist, daß sie auch alle ursprünglich von einer Glasrinde umgeben waren, die aber bei den meisten bis auf geringe Reste durch die Verwitterung zerstört worden ist.

Die Doleritblöcke liegen direkt teils auf dem schon erwähnten Flußkies und Flußschotter, teils auch auf feinem, weißem Schwemmsand. Sie herrschen nur auf geringe Erstreckung im mittleren Teil des ganzen Aufschlusses und gehen nach oben, sowie nach rechts und links in zusammenhängenden blasigen Dolerit über.

Der am Nordende befindliche blasige Dolerit enthält einige kaum zwei Finger dicke Bänkchen eines sehr dunklen, dichten und blasenfreien Gesteins. Am besten ist dies an einer kleinen abgesonderten Klippe zu sehen, die hart an der Straße liegt. Das kompakte Gestein der Bänkchen geht nach unten in den blasigen Dolerit allmählich über. Nach oben hin setzt es plötzlich in einer, an einem angeschliffenen Handstück makroskopisch erkennbaren zackigen Grenze ab und macht einem etwas heller gefärbten blasigen Dolerit Platz. Ein zu dieser Grenzfläche senkrechter Dünnschliff läßt den Unterschied der beiden aneinanderstoßenden Gesteine noch deutlicher erkennen. Das untere dichte Bänkchen hat eine an die Glasrinden stark erinnernde Struktur, wobei die gegabelten Feldspäte und die großen Enstatitleisten Einsprenglinge bilden. Viele der kleinen mit Serpentin gefüllten Räume, welche z. T. die Formen des Olivins haben, deuten auf die ehemalige Gegenwart des letzteren hin. Nur der Grundteig ist anders als bei den Buschhorngläsern. Er ist äußerst fein-

Digitized by Google

körnig und besteht aus dicht gedrängten Augit- und Erzkörnchen, die durch ein helles Glas verkittet sind. Stellenweise werden die Kristalle etwas größer. Die Augite nehmen dann deutliche Säulenformen an, viele Apatitnadeln stellen sich ein, und das nun bald braune, bald klare Glas wird erheblich reichlicher. Die obere Grenze des Bänkchens zeigt im Dünnschliff zackige und buchtig geschweifte Linien, an welche sich der darüber liegende Dolerit ganz eng anschmiegt. Dieser hat eine erheblich gröbere Struktur als seine Unterlage. Seine Grundmasse besteht aus einem blumig-strahligen Gewebe von langen schmalen Feldspatleisten, gegliederten Augitsäulen und zahlreichen Erzlappen. An manchen Stellen der Kontaktfläche sind die Augite und Erzlappen senkrecht zu derselben orientiert, so daß der obere Dolerit in seiner Struktur zunächst palisadenartig beginnt und dann in weiterer Entfernung ein immer größeres Korn annimmt. Der Grundmasse eingesprengt sind größere Enstatitleisten mit Augitmänteln und viele Olivine, die aber auch hier meist durch die Verwitterung schon zerstört sind. Eine für die Enstatitdolerite sonst von mir nicht weiter beobachtete Erscheinung ist die, daß den Olivinen Erzlappen orientiert angewachsen sind.

Auf der anderen Seite der Leimsfelder Straße zieht sich der Strom des Enstatitdolerits noch weiter nach Norden hin und endigt scheinbar mit dem Galgenberg; doch ist zu vermuten, daß die bei Rörshain liegenden langgestreckten Rücken als die entferntesten, jetzt abgeschnürten Stromenden noch dazu gehören, da sie aus dem gleichen Material bestehen. Westlich vom Galgenberg liegt noch eine breite, flach gewölbte, sehr wahrscheinlich sekundäre Kuppe, der Steinbühl, der auch von Enstatitdolerit gebildet wird.

Nachdem wir nun die Enstatitdolerite auf der rechten Seite der Schwalm kennen gelernt haben, kehren wir nach Frielendorf zurück, um nun die östlich liegenden Eruptivgesteine nach Süden hin zu verfolgen.

18. Der Dolerit östlich von Frielendorf.

Die östlich von Frielendorf über den Braunkohlen liegenden Dolerite sind von O. Reuber schon kurz berührt worden. Ich schließe sie aber mit hier ein, da sie noch innerhalb des oben an-

Digitized by Google

gegebenen Gebietes liegen, und weil ich in bezug auf die Lagerungsverhältnisse einige neue Beobachtungen hinzufügen möchte.

Die Braunkohlen bilden nicht die unmittelbare Unterlage des Dolerits. Dieser wird vielmehr von ihnen durch eine Reihe von Sand- und Tonschichten getrennt, deren Mächtigkeit zwischen 1 und 4 m schwankt. Die Braunkohlen selbst schließen nach oben in einer Wechsellagerung mit dünnen weißen Sandschichten ab. In diesen sind besonders bei günstigen Aufschlüssen deutliche Verwerfungen zu sehen, die durch die Kohle hindurchsetzen.

Der Dolerit tritt in den meisten Aufschlüssen im Hangenden der Kohle in einer durch Lehm verkitteten Blockpackung auf. Nur hinter der Tonwarenfabrik am Bahnhof bildet er über dem Ton eine zusammenhängende Masse. Hier lassen sich in schöner Weise wieder die verschiedenen Erstarrungsverhältnisse des körnigen Dolerits beobachten, da auch Teile der Stromoberfläche noch ziemlich gut erhalten geblieben sind. Die im auffallenden Lichte braunrote Grundmasse der äußersten Stromteile, besteht unter dem Mikroskope aus einem dichten Gewebe von Augitfasern, aus welchem die gegabelten und gefensterten zahlreichen Feldspäte hervorleuchten. Größere Augitsäulen sind schon erheblich seltener. Selbst der Olivin ist noch im Anfangsstadium seiner Entstehung, denn er hat nur kleinere Kristalle ausbilden können. Erz ist noch gar nicht erkennbar individualisiert worden. Die blasenreichen Zonen des Gesteins besitzen schon eine holokristalline, wenn auch feinkörnige Struktur. Diese führt allmählich in den dichten körnigen Dolerit des Londorfer Typus über.

14. Der Dolerit am Spies.

Zwischen den Orten Gebersdorf, Ebersdorf und Leimsfeld liegt eine Anzahl kleinerer und größerer, meist deckenartiger Doleritpartien, die den Braunkohlenbildungen aufliegen. Sie gehörten wohl ursprünglich einer einzigen großen Decke an, die später durch die Erosion zerstückelt wurde.

Das Gestein ist ein körniger Dolerit. Die holokristalline Struktur zeigt eine Neigung zur porphyrischen Ausbildung betreffs der Augite, wobei auch hier die Regel gilt: Je größer die Individuen sind, desto geringer ist ihre Zahl. Das Erz

Digitized by Google

hat meist Körner gebildet, da es aber zuweilen Feldspatleisten umschließt, so ist es doch zum Ilmenit zu stellen.

Die südliche Grenze dieser Dolerite bildet etwa der Spittelgraben bei Leimsfeld, doch finden sich auch in der Umgebung von Schönborn noch einige isolierte Vorkommen.

15. Der Gerstenberg und seine Umgebung.

Der Gerstenberg bei Obergrenzebach stellt einen etwa 1 km langen von SSW. nach NNO. gestreckten schmalen, hohen Bergrücken dar. Auf der Ostseite reichen die tertiären Sedimente bis dicht unter seinen Gipfel, während im Süden und im Westen das Gestein bis zur Sohle des Grenzebachs und bis nach Schönborn hinabreicht. Auffallend ist auf dem diesseitigen Abhang eine die mittlere Höhe innehaltende horizontale, etwa 10—20 m breite Terrasse, auf welcher ein Felsenmeer von mächtigen Blöcken liegt, von denen sehr viele die Taue und Wülste der Stromoberfläche zeigen. Dabei sind die oft viele Zentner schweren Klötze wirr durcheinander gelagert; bald ist an ihnen die Stromoberfläche nach oben, bald nach unten, bald auch nach der Seite gerichtet.

Das Gestein selbst ist ein porphyrischer Feldspatbasalt, der aber an verschiedenen Stellen den Porphyrcharakter nicht erlangt hat, ganz ähnlich wie ich es im I. Teil an dem Vorkommen vom Pfarrwald bei Merzhausen beschrieben und begründet habe.

Nach allen Seiten hin sind vom Gerstenberg als einem Eruptionszentrum mächtige Lavaströme ausgegangen. Von ihnen sind die westlichen schon am meisten zerstört und in einzelne Rücken und Lager aufgelöst worden. Zu ihnen gehört das Steinmal, der Riemehainskopf und zwei kleine Lager in dem Forstort Wolfskehl. Ein südlicher Teil, der Umgang, ist durch den Grenzebach abgeschnitten worden. Die östlichen und nordöstlichen Lavaergüsse endlich hängen wohl unter der Lößdecke noch mit dem Berg zusammen und erstrecken sich bis zum Spittelgraben bei Leimsfeld. In diesem Teil befindet sich ein schöner Aufschluß an der Straße zwischen Schönborn und Leimsfeld, in welchem die etwas geneigten Säulen durch die Verwitterung in lauter plattgedrückte Kugeln aufgelöst sind.

Digitized by Google

16. Der Dolerit vom Sangeberg.

Der Sangeberg südlich von Obergrenzebach ist ein Bruchstück einer Doleritdecke, von deren Herkunft nichts mehr zu erkennen ist. Sie scheint auch ein höheres Alter zu haben, da sie teilweise von tertiären Sanden und Kiesen überdeckt ist. An der Straße von Nieder- nach Obergrenzebach ist in zwei Steinbrüchen eine schöne Absonderung in Säulen zu sehen, die sich z. T. in Kugeln auflösen. U. d. M. erkennt man einen körnigen Dolerit mit Andeutung von intersertaler Struktur. Der Augit verhält sich je nach seiner Korngröße etwas verschieden, indem er mit Zunahme derselben an Idiomorphismus verliert und umgekehrt gewinnt. Im letzteren Falle sind die kleinen Kriställchen zu vielen Häufchen zusammengedrängt.

17. Die Basalte zu beiden Seiten der Steina.

Die Steina ist ein kleines rechtes Nebenflüßchen der Schwalm, das in der Nähe des Knüll innerhalb einer großen Verwerfungszone gemeinsam mit dem Grenzebach seinen Ursprung hat. In seinem Oberlaufe hat es sich ein tiefes Tal in den Buntsandstein hineingegraben, der in verschiedenen abgebrochenen Stufen den Grundsockel der Knüllbasalte bildet.

Die höchsten Erhebungen zu beiden Seiten der Steina werden von Basaltdecken gebildet, die teils unmittelbar auf dem Buntsandstein liegen, teils aber von ihm durch wenig mächtige Tertiärschichten getrennt werden, in denen u. a. Braunkohlenquarzite eine Hauptrolle spielen. Auffallenderweise sind im Bachbett der Steina die Braunkohlenquarzite außerordentlich häufig. Das weist darauf hin, daß das so unschuldig aussehende Wässerlein wohl imstande gewesen ist, eine Schichtenfolge von Basalt, Sanden, Tonen und Buntsandstein in einer Gesamtmächtigkeit von etwa 100 m zu durchnagen. Nur die außerordentlich festen Quarzitblöcke haben ihm widerstanden und sind mit in die Tiefe gesunken. Der Ursprung der Basaltmassen beiderseits der Steina ist nicht mehr mit Sicherheit festzustellen. Es ist wohl möglich, daß eine der Kuppen auf dem linken Ufer der Steina den gemeinsamen Eruptionspunkt darstellt.

Digitized by Google

Die Gesteine selbst gehören sämtlich zu den eigentlich porphyrischen Basalten und zeigen auch alle die verschiedenen Abänderungen, wie sie bereits im I. Teil vom Pfarrwald bei Merzhausen eingehend beschrieben worden sind. Es ist im allgemeinen nur noch hervorzuheben, daß hier das Erz in der Regel sich in Magnetitform ausgebildet hat, wenngleich auch Ilmenit nicht ganz fehlt.

Auf dem Nordufer der Steina bildet der Basalt eine zusammenhängende Decke. Es gehört dazu der Männerwald, der Steinerberg und der Hornsberg. Einen brauchbaren Aufschluß bietet nur ein alter großer Steinbruch auf dem Hornsberg, den man leicht erreicht, wenn man von der Niederrheinischen Straße aus über die Steina hinweg, an den Jagdhäusern vorbei, dem alten Abfuhrweg auf den Berg folgt. Die senkrechte, im Steinbruch aufgeschlossene Gesteinswand zeigt im oberen Teile eine vertikale Klüftung, die aber nur unregelmäßige Säulen herausgebildet hat. Im unteren Teile der Wand wird die vertikale Klüftung durch eine zweite, ungefähr horizontale, durchkreuzt. Dadurch entstehen aus den Säulen zunächst eckige Klötze. Noch tiefer wird die horizontale Klüftung immer deutlicher, während die vertikale immer mehr zurücktritt. So geht der obere säulige Basalt nach unten zu allmählich in plattigen über. Im letzteren finden sich noch einige Horizonte, die sich durch eine bis ins kleine gehende unregelmäßige Klüftung auszeichnen, wodurch diese Partien unter dem Hammerschlag in lauter etwa nußgroße kantige Stücke zerfallen.

Auch struktuell unterscheiden sich in etwas der obere von dem unteren Basalt. Der untere ist holokristallin, indem der Feldspat fast völlig auskristallisiert ist. Nur ganz wenig Glas scheint im Schliff noch da zu sein. Doch gibt die Chlornatrium-Probe eine reichliche Menge von Würfelchen. Der obere säulige Basalt ist dagegen sehr reich an braunem Glas, in welchem neben den Olivinen, dem Erz und den zahlreichen Augitsäulchen nur wenige Feldspatleisten schwimmen. Das Erz ist zwar größtenteils Magnetit, doch haben sich im Glase auch viele faserige Erzbüschel und Erzsonnen gebildet.

Auf der linken Seite der Steina liegen vier kleine Kuppen, die sämtlich noch einen Kranz von tertiären Sanden besitzen.

Digitized by Google

Auch Braunkohlenquarzite sind auf der Buntsandsteinunterlage häufig. Es ist wohl möglich, daß eine dieser Kuppen, oder mehrere, wie schon erwähnt, primär sein könnte.

Die Gesteinsproben von der Habscheid sind sehr dicht und feinkörnig und zeigen im Dünnschliff eine starke Unterdrückung des Feldspates. Das steht wahrscheinlich in ursächlichem Zusammenhange mit dem großen Reichtum an aufgelösten Quarzkörnern, von denen zwar nur noch wenige übrig geblieben sind, die aber durch zahllose Augitaugen ihr ehemaliges Dasein anzeigen. Ähnliches zeigte schon der Basalt vom Saalenkopf bei Allendorf a. d. Landsburg.

Der Basalt vom Sprenzig zeigt in der Grundmasse viel Feldspatleisten, zwischen denen sich immerhin noch eine große Menge von Glas befindet, das von vielen Apatitnadeln und Erzdendriten durchsetzt ist.

Die noch weiter östlich liegenden Rücken des Riebelsdorfer und Rückershäuser Waldes bilden die kümmerlichen Reste einer langen großen Basaltdecke, die sehr wahrscheinlich ihren Ursprung nördlich von Neukirchen hat, der schon außerhalb des Arbeitsgebietes liegt. Der Basalt selbst hat holokristalline Struktur mit kaum wahrnehmbarer Rekurrenz in der Augitbildung.

18. Die Vulkanreihe vom Hilgenholz bis zum Langenstein.

Ehe der Schwalmfluß in das Ziegenhainer Becken eintritt, wird er auf seiner rechten Seite von einer Reihe von sechs alten Vulkanen begleitet, auf welche bereits M. Bauer hingewiesen hat, und die auch noch weiterhin in der Literatur Gegenstand der Aufmerksamkeit gewesen ist.

Die Namen der Berge lauten von Norden nach Süden: Das Hilgenholz, der Schönberg, der Metzenberg, die Gonzenburg, die Hasenküppel und das Keppelche. Noch weiter südlich davon ist auf der Ludwig'schen Karte, Sektion Alsfeld, als siebenter Vulkan derselben Reihe noch der Langestein verzeichnet. Vielleicht setzt sich die Reihe nach Norden durch die Habscheid und den Kessel fort.

Die zuerst genannten sechs Punkte haben alle das gemeinsam, daß sie dem Buntsandstein unmittelbar aufgesetzt sind, und daß sie alle Basalt von derselben Beschaffenheit

Digitized by Google

enthalten, die nur durch äußere Einflüsse hier und da etwas verändert worden ist. Leider vermag ich jedoch zu der noch immer offen stehenden Frage, ob diese Reihe einer Verwerfungsspalte aufgesetzt ist, nichts Ausschlaggebendes hinzuzufügen. Es ist das erst möglich, wenn man dort eine bis ins einzelne gehende Kartierung des Buntsandsteins mit allen seinen zahlreichen Dislokationen vorgenommen hat.

Ich beginne nun gleich mit der petrographischen Beschreibung der einzelnen Berge. Da aber alle einen hypidiomorph-porphyrischen Basalt enthalten, hebe ich nur besondere Erscheinungen und Abweichungen hervor.

Der Basalt vom Hilgenholz hat einen sehr schwankenden porphyrischen Charakter. Der Olivin ist durchgängig, nur in verhältnismäßig kleinen, aber dabei sehr zahlreichen Körnern vorhanden. Häufig sind auch Augitaugen.

Der Basalt vom Schönberg hat teilweise etwas gröberes Korn und führt zahlreiche protogene Olivine. Merkwürdig ist das nicht seltene Vorkommen von Olivinaugen, die im Innern aus mikroskopisch kleinen Olivinkörnchen bestehen, welche in verschiedenen unregelmäßig begrenzten Abteilungen verschieden, und in einer Abteilung einheitlich auslöschen. Nach außen hin wird das Auge durch eine Zone größerer Olivine begrenzt, zu denen sich zahlreiche Erzkörner gesellen. Das Erz der Grundmasse ist bald nur Magnetit, bald z. T. auch Ilmenit.

Der Basalt vom Metzenberg führt gleichfalls viel protogenen Olivin und einzelne Olivinaugen.

Auf der Gonzenburg ist der Basalt durch zwei kleine Steinbrüche aufgeschlossen, die aber nur den äußeren Mantel angeschnitten haben, der durch fremde Einflüsse in verschiedenster Weise verändert worden ist. In dem oberen, unter dem trigonometrischen Signalturm angesetzten Steinbruch ist eine schöne kugelschalige Absonderung zu sehen, wobei die einzelnen sehr zahlreichen Schalen nur etwa 2—4 mm Dicke haben. In einer körnig schlackigen Grundmasse, die aus kleinen Augit- und Erzkörnern und hellem Glas besteht, schwimmen große Augiteinsprenglinge, die oft zu sternartigen Gruppen vereinigt sind. Auch der Olivin ist in einer großen und einer kleinen Generation vertreten, und selbst das Erz

Digitized by Google

ist in Form zahlreicher großer Magnetitkörner ausgebildet gewesen, ehe in der Grundmasse eine zweite Generation entstand. Der Feldspat hat sich schlierenartig zusammengehäuft, und bildet helle Augen in dem dunklen Grunde.

In dem anderen Bruch am Ostabhange ist das ganze dort anstehende Gestein stark von Quarzkörnern durchspickt. Diese liegen bald einzeln in mikroskopischen Teilchen und sind dann stets von einem Porricinrand umgeben, bald gehören sie eckigen Sandsteinstücken an, deren Verband aber so gelöst ist, daß fast jedes einzelne Korn von einer magmatischen Hülle umschlossen wird. Hier ist eine vermehrte Feldspatausscheidung zu bemerken, die wahrscheinlich von der Auflösung des tonigen Bindemittels der Sandsteineinschlüsse herrührt. Auch die ganze Struktur hat eine erhebliche Veränderung erfahren. Sie hat den hypidiomorph-körnigen Charakter völlig verloren und nähert sich stark dem Gethürmser Typus. Das Erz, das sonst im allgemeinen als Magnetit auftritt, hat sich in der Einflußsphäre der fremden Einschlüsse meist in lappiger Ilmenitform ausgeschieden.

Die Hasenküppel, südöstlich von Schrecksbach, sind zwei zusammenhängende, dem Buntsandstein aufgesetzte kleine Kuppen, deren Basalt bei sonst porphyrischer Struktur ebenfalls eine vollständige Unterdrückung der Feldspatbildung zeigt. Die kleinen Augit- und Erzkriställchen der Grundmasse sind lediglich durch ein bald braunes, bald helles Glas verkittet. Zahlreich als protogene Einsprenglinge sind besonders große grüne Augite, die meist während der Effusionsperiode einen hell violetten Rand erhalten haben. Daneben sind auch auffallend große protogene Erzkörner vorhanden, die zuweilen noch mit dem grünen Augit in Verbindung stehen, und ebenfalls eine extratellurische Fortwachsung zeigen, die hier skelettartig ist.

Gerade südlich von den beiden Hasenküppeln liegt das sogen. Keppelche. Es ist das zurzeit eine runde Steinsäule von etwa 4—5 m Durchmesser und ungefähr 7—8 m Höhe, die aus einem kleinklüftigen aber fest zusammenhaltenden Basalt besteht. Rings herum ist eine kleine kesselartige Vertiefung, die durch Auswitterung des weniger widerstandsfähigen Mantelbasaltes oder Tuffes entstanden ist, wobei wohl

Digitized by Google

Menschenhand noch nachgeholfen hat. Das Ganze schaut aus der Buntsandsteinumgebung hervor.

Die hypidiomorph-porphyrische Struktur des Gesteins enthält reichlich braunes Glas, das stellenweise schon eine erhebliche Menge von Feldspatleisten ausgeschieden hat. Es fand sich dort auch ein kleiner toniger Einschluß, der durch die magmatische Hitze zu einer bläulichen Porzellanmasse zusammengesintert ist. In der schmalen Kontaktzone zeigt sich eine erhebliche Vermehrung der Feldspatausscheidung und fast vollständige Zurückdrängung des Augits. Die außergewöhnlich zahlreichen Quarzkörner haben den gewöhnlichen Porricinrand.

19. Der Enstatitdolerit und die Basalte zwischen Röllshausen und Merzhausen.

Wendet man sich von Röllshausen nach Osten auf die Höhe und benutzt dabei die gepflasterte Straße auf den Mühlenberg, so findet man zunächst links am Wege, wenn man gerade die obere Kante des Buntsandsteinsockels erreicht hat, ein kleines, dem letzteren unmittelbar auflagerndes Basaltküppchen. Es ist ein feldspatarmer Basalt mit schwacher Rekurrenz in der Augitbildung, wobei aber zwischen den größten und kleinsten Augiten zahlreiche Zwischengrößen vorhanden sind. Der z. T. tafelige Olivin ist stark korrodiert. Das Erz ist Magnetit. Das Glas ist bei der Rückständigkeit der Feldspatbildung sehr reichlich, es enthält spärliche Apatitnadeln.

Von diesem Küppchen ab steigt der Weg eine ganze Strecke weit nur noch ganz wenig, und schneidet dabei weiter oben rechts einen pechschwarzen, matt glänzenden und dichten Basalt an. Dort aber, wo sich die Straße in zwei Feldwege gabelt, haben diese eine zweite Terrasse mit steiler Böschung zu überwinden. Hier ist nun der interessanteste Aufschluß der ganzen Höhe. Man kann dort verfolgen, wie der eben erwähnte, anfänglich dichte schwarze Basalt nach oben allmählich in einen grobkörnigen, aber auch sehr blasenreichen Dolerit übergeht. Über diesem liegt eine etwa 1 m mächtige Lage eines grünlichgelben sehr plastischen Tones, welcher wiederum von einem sehr blasigen aber feinkörnigen Basalt

Digitized by Google

gedeckt wird. Der letztere zeigt deutliche Stromunterfläche, ist aber dort so stark zersetzt, daß die herausgeschlagenen Taue und Wülste unter der Hand zerbröckeln. Ferner ist für die Verwitterungserscheinungen der Basalte noch beachtenswert, daß sich sowohl an der oberen wie an der unteren Grenze der Tonschicht eine flache Lage von splitterig brechenden, grünlichgelben Hornsteinknollen befindet. Desgleichen sind auch die Hohlräume des oberen und des unteren blasigen Gesteines von Opal ausgekleidet. Auch der Olivin ist größtenteils durch Opal ersetzt.

Die petrographische Untersuchung der beiden übereinanderliegenden Decken ergab, daß das dichte liegende Gestein ein durch die ganze Masse hindurch schlackig erstarrter Enstatitdolerit ist, der nur in seinen oberen blasenreichen Teilen Intersertalstruktur mit schlackiger Zwischenklemmungsmasse ausgebildet hat. Das hangende Gestein ist dagegen ein augit- und glasreicher aber feldspatarmer Basalt, der als Erz Magnetit führt. Es ist dies eine besondere, durch schnellere Abkühlung herbeigeführte Erstarrungsmodifikation des porphyrischen holokristallinen Basaltes (vergl. damit Teil I, p. 359 ff.).

Verfolgt man nun weiter den linken Feldweg aufwärts, so stößt man nach einer Steigung von etwa 20—30 m auf einen Steinbruch, der einen in Säulen abgesonderten schwarzen dichten Basalt enthält, welcher gleichfalls dem durchgängig schlackig erstarrten Enstatitdolerit angehört. Hier fehlt aber die hangende Tonschicht und der jüngere Basalt. Ferner findet man etwa $\frac{1}{2}$ km nordöstlich von diesem Aufschluß einen zweiten Steinbruch, der wieder Enstatitdolerit, aber hier in grobkristalliner Form enthält. Hangende Schichten wie an der Wegegabelung fehlen.

Die eben geschilderte, durch den größten Teil des ganzen Lagers hindurchsetzende schlackige Erstarrung des Enstatitdolerits ist ein Analogon zu den in gleicher Weise ganze Stromteile zusammensetzenden glasreichen Ausbildungen der eigentlichen Basalte, die oft eine vollständige Unterdrückung der Feldspatbildung zeigen. Man hat unberechtigterweise bei derartigen Erscheinungen das Gestein als eine besondere Gesteinsart, als Limburgit, ausgezeichnet, und doch ist es

Digitized by Google

wenigstens in unserer Gegend nur eine durch äußere Einflüsse herbeigeführte besondere Erstarrungsmodifikation des gewöhnlichen Feldspatbasaltes (vergl. dazu auch die Basalte vom Hornsberg und vom Pfarrwald p. 362).

Weiter oberhalb der Aufschlüsse des Enstatitdolerits sind die Verbandsverhältnisse durch die Ackererde verdeckt. Sicher ist nur, daß auf dem höchsten Rücken der Kippelshecke, und in dem südlich daranhängenden Oberholz, ein holokristalliner porphyrischer Basalt ansteht, der mit dem hangenden Gestein an der oben erwähnten Wegegabelung sehr wahrscheinlich zusammengehört. Ich vermute, daß hier ein etwa von NNW. nach SSO. streichendes Verwerfungssystem die verschiedene Lagerung der Teile derselben Decke hervorgebracht hat. Es ist infolgedessen ein mittlerer Streifen des Enstatitdolerits mit seinen hangenden Schichten horstartig stehen geblieben, von denen die letzteren durch die Erosion später entfernt wurden.

Das Hohenrod nördlich von der Kippelshecke enthält in einem dort angesetzten Steinbruch einen Basalt vom Hügelskopftypus. Ebenso wird auch die Kopp bei Gungelshausen von Basalt derselben Art aufgebaut. Die Unterlage ist hier tertiärer Sand mit mächtigen Braunkohlenquarziten.

20. Der Pfarrwald und der Steimel bei Holzburg.

Der dem Buntsandstein hier unmittelbar aufliegende Basalt ist mit allen seinen Abarten im I. Teil beschrieben worden (siehe p. 359 ff.).

21. Der Basalt vom Görzerholz.

Der Basalt vom Görzerholz bildet die südliche Fortsetzung der Holzburger Basalte. Er ist gleichfalls porphyrisch, führt aber Nosean. Da dies das einzige derartige Vorkommen in der ganzen Gegend ist, hielt ich es für angebracht, diesen kleinen Rücken besonders hervorzuheben, obgleich er topographisch sich an die Holzburger Berge angliedert.

22. Die Basalte an der Fischbach südlich von Merzhausen.

Die Fischbach wird auf ihrem rechten Ufer von drei Basaltvorkommnissen begleitet, die alle drei sich darin gleichen, daß sie ein Gestein vom Hügelskopftypus führen, daß sie

Digitized by Google

plattig abgesondert sind und daß sie endlich mit dem Buntsandstein in direkter Verbindung stehen. Der nördliche und der südliche Punkt sind sehr wahrscheinlich sekundäre Kuppen. Dagegen macht der mittlere den Eindruck eines Ganges, da er mitten in der Böschung der Fischbach liegt und ringsum von Sandstein umgeben ist.

23. Der Steimel südlich von Fischbach.

Gerade südlich von den Fischbacher Basalten liegen in dem Forstort Steimel zwei fast ganz aneinander stoßende, den Buntsandstein durchsetzende Basaltkuppen. Davon führt die westliche, die höchste Kuppe, einen porphyrischen Basalt wie der vom Pfarrwald. Die östliche kleinere Kuppe ist durch einen großen Steinbruch aufgeschlossen. Der hier klotzig abgesonderte Basalt hat die Struktur des Hügelskopftypus.

24. Der Reichberg südwestlich über Heidelbach.

Der Reichberg ist eine steil aufsteigende Basaltkuppe, die einem hohen Buntsandsteinsockel aufgesetzt ist. Sein geologischer Charakter ist unklar. Das Gestein gleicht in seiner Struktur dem porphyrischen Basalt vom Pfarrwald.

25. Das Köpfchen südlich von Willingshausen.

Vom Buntsandstein unmittelbar getragen, enthält das Köpfchen, das nur sekundären Ursprungs sein kann, den Basalt vom Hügelskopftypus in allen seinen Erstarrungsabarten. Es ist das im I. Teil, p. 364 ausführlich beschrieben worden.

26. Die Basalte und Dolerite zwischen Neustadt und Arnshain.

Südlich von Neustadt dehnt sich bis zu den Orten Wahlen und Arnshain eine wellige Hochfläche aus, die von verschiedenen eigentlichen Basalten und Doleriten aufgebaut wird. Auf der Nordwestfront ist sie fingerartig gegliedert und die Basalte liegen meist auf tertiären Süßwassersedimenten, welche ihrerseits wiederum teils von Buntsandstein, teils von Septarienton unterlagert werden. Der letztere ist besonders in dem Bahnanschnitt am Fuße der Nellenburg aufgeschlossen, er durchzieht aber noch den ganzen anliegenden Wiesengrund

Digitized by Google

und ist dort beim Anlegen von Gräben mehrfach zutage gekommen. Dicht bei Neustadt, unterhalb der Straße, die von hier nach Arnshain führt, ist der Septarienton durch eine SO.—NW.-Verwerfung abgeschnitten und von da ab bildet weiter nördlich der Buntsandstein das Liegende der tertiären Süßwasser-Sande. Auf der Südseite der Hochfläche ist die Formation der Braunkohlen-Quarzite allenthalben entwickelt. So findet man besonders in einer großen Sandgrube südwestlich von Wahlen eine ganze Reihe von starken Quarzitbänken. Dagegen bildet nördlich von Arnshain auf dem Westabhang der Buntsandstein die Unterlage der eruptiven Massen. Aber schon nördlich vom Straußwald, in der Hausstädt, wechselt wiederum das Liegende, so daß unterhalb des Glockenborns und in der Willingshäuser Mark nun wieder tertiäre Kiese, Sande und Tone den Basalt tragen.

Diese Basalte ergossen sich in zwei zeitlich weit auseinander liegenden größeren Eruptionsperioden. Die übereinander liegenden Ströme sind durch eine 1—3 m mächtige Ton- und Sandschicht voneinander getrennt. Die Tone führen stellenweise Kalkknollen, die lebhaft an die der Melanientone erinnern. Jedoch habe ich Versteinerungen nicht darin entdecken können.

Aus dem Wechsel der Unterlagen der Basalte folgt, daß bereits vor ihrem Erguß viele Gebirgsstörungen das Gelände zerrissen haben und die Erosion die Oberfläche verändert hat. Aber diese jüngeren Gesteine sind auch selbst wiederum von vielen späteren Verwerfungen durchsetzt. Diese laufen sämtlich unter sich parallel und bilden so ein Störungssystem, das von SO. nach NW. streicht, und wodurch das ganze Gebiet in zahllose, in gleicher Richtung ziehende Streifen zerlegt worden ist. Im einzelnen sind die Bewegungen der Geländestufen sehr unregelmäßig vor sich gegangen, indem viele einsanken, während andere dazwischenliegende horstartig stehen geblieben sind. Die nachfolgend einsetzenden abradierenden Kräfte haben das Bild dann noch mehr verwirrt. Sie haben z. T. die Horste in Mulden und die tektonischen Gräben in Rücken verwandelt.

Ich muß darauf verzichten, von dem ganzen Komplex ein Bild zu entwerfen, das alle meine Beobachtungen berück-

Digitized by Google

sichtigt. Ich beschränke mich daher auf die Schilderung der wichtigsten Aufschlüsse und beschreibe dabei zugleich die an Ort und Stelle vorkommenden Gesteinsarten.

Den Schlüssel zum Verständnis für den ganzen Aufbau der Gegend gab ein etwa 50 m langer und bis 5 m tiefer Graben, der von der Neustädter Stadtverwaltung in der Rohrhecke für die neue städtische Wasserleitung angelegt wurde. Die durch den Graben aufgedeckte Schichtenreihe war von oben nach unten folgende (Fig. 2, Maßstab in Höhe und Länge = 1 : 100):

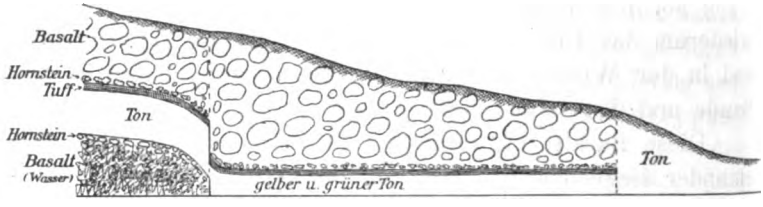


Fig. 2. Profil an der Rohrhecke bei Neustadt.

4. Basalt in unregelmäßiger Blockpackung, wobei die einzelnen Blöcke von einer körnigen Verwitterungsmasse umgeben und miteinander verbunden sind. In der unteren Grenzzone ist er stark bolartig zersetzt und enthält viele gelblich-grüne Hornsteinnieren.
3. Tuff, schwarz und erdig, etwa 20 cm.
2. Ton, gelb und grün mit kalkigen Einlagerungen, etwa 100 cm.
1. Basalt, großblasig, der an der Grenze gegen den Ton in gleicher Weise wie der obere Basalt verwittert ist, und dort viel Hornsteinausscheidungen führt (Quellhorizont).

Das nebenstehende Profil zeigt zwei kaum 15 Schritt auseinanderliegende, von SO. nach NW. streichende Verwerfungen. Bemerkenswert ist an der südlichen Verwerfung die deutliche Schleppungserscheinung.

Der obere Basalt gehört dem Hügelskopftypus an. Der untere blasenreiche Basalt ist stark glasig entwickelt. Der Olivin bildet große Einsprenglinge, und hat stark korrodierte tafelige Formen. Der sehr reichliche Augit bildet stets idiomorphe Kristalle von mittlerer Größe, deren äußere Zone meist schwach violett gefärbt ist. Zwillingsbildungen kommen wohl vor, sind aber im ganzen selten. Der Feldspat befindet sich im Anfang seiner Kristallisation und hat trotz des engen

Digitized by Google

Raums, der ihm noch zur Verfügung stand, regelmäßige Leisten ausbilden können. Wenn auch der Augit ihm gegenüber in der Formenbildung immer den Vorrang behält, so schmiegt sich das Erz dafür häufiger um seine Kristalle herum. Dieser ist bald körnig, bald dendritisch, bald lappig. Der Ilmenit ist mit dem Olivin oft orientiert verwachsen. Die letzten Ausscheidungsprodukte sind spärliche Blättchen von Titanaugit der zweiten Generation und sehr viele Apatitnadeln, die sich in dem braunen, reichlich vorhandenen Glase nicht allzusehr drängen.

Auf dem Karnberg, einer von einer Verwerfung abgeschnittenen nördlichsten Ecke dieses Teilgebietes, findet sich ein Basalt von ganz gleicher Struktur. Nur der Feldspat ist etwas reichlicher und dementsprechend tritt das Glas mehr zurück. Dieses ist vollständig entfärbt und enthält neben den oben genannten Kristalliten auch noch viele winzige Erzkörner.

Die eben beschriebene Struktur steht zum Hügelskopftypus in demselben Verhältnis wie der körnige Dolerit zum ophitischen. In der Tat bestehen zwischen beiden Paaren ganz ähnliche Beziehungen. In dem ophitischen Dolerit hat das Erz immer lappige Ilmenitform, während die körnigen Dolerite daneben sehr häufig auch körniges Erz führen. Demgegenüber ist in dem reinen Hügelskopftypus das Erz immer Magnetit, während der Karnbergbasalt neben dem körnigen auch lappiges Erz enthält. Ferner ist in dem ophitischen Dolerit der Augit gerade so allotriomorph wie der Feldspat im Hügelskopftypus, und wie jenes Mineral in dem körnigen Dolerit an Idiomorphismus gewinnt, so gewinnt entsprechend das letztere in dem Karnbergbasalt. Wenn ich diesen im allgemeinen Teil nicht als besondere Abart des Hügelskopfbasaltes hervorgehoben habe, so geschah das, weil diese Ausbildung in der ganzen Gegend nicht weiter zu finden ist (vergl. dazu auch den Basalt vom Batzenberg bei Verna p. 372).

Einen ähnlichen Aufschluß wie in der Rohrhecke findet man im Hofe der neuen Forsthäuser am Nordausgange des Dorfes Wahlen. Der obere Basalt, der hier wieder dem Hügelskopftypus angehört, wird von dem unteren Basalt durch

Digitized by Google

eine etwa 3 m mächtige Wechsellagerung von Kiesen, Sanden und Tonen getrennt. Auch der von der Rohrhecke erwähnte schwarze erdige Tuff ist an bezüglicher Stelle wieder zu finden. Der liegende Strom wird aber hier im Gegensatz zum ersten Aufschluß von einem ophitischen Dolerit gebildet, der sich in der Umgebung nur noch einmal am Biedenkamp, am Südfuße der Nellenburg in dieser Weise wiederfindet.

Weitere Aufschlüsse der sedimentären Zwischenlagen sind zwar noch vorhanden, aber nicht in gleicher Weise deutlich verfolgbar. Es geht aus den beiden beschriebenen schon hervor, daß es untunlich ist, in diesem ganzen Gebietsteil aus der Struktur des Gesteins ohne weiteres sein relatives Alter zu bestimmen. Da ich ferner vermute, daß die jüngeren Basalte teilweise weit über die älteren hinweggreifen, so werde ich bei dieser Ungewißheit im folgenden vermeiden, anzugeben, ob ich das Gestein der älteren oder jüngeren Ergußperiode zuzähle.

An die genannten Vorkommen des Hügelskopftypus, zu denen der Weitzenberg noch hinzukommt, schließen sich nach Süden zu immer feinkörnigere Abarten an. So finden sich schon in der Struth, und weiter auf dem Brückenfeld und endlich im südlichen Teile der Arnsheimer Höhe Strukturen, die dem Gethürmser Typus sehr nahe stehen.

Das am Ostabhange der Hochfläche nördlich von Arnshain dem Buntsandstein unmittelbar aufgelagerte Gestein ist ein körniger Dolerit, der zwar makroskopisch noch sehr frisch aussieht, dessen Feldspäte aber in auffallender Weise schon recht trüb und rissig geworden sind. Auch finden sich im Kristallgewebe viele kleine scharfeckige, mit Zeolithen erfüllte Hohlräume, wie wir sie schon vom jüngeren Dolerit des Blumenhain kennen lernten.

Ein schön porphyrischer Basalt mit körniger Grundmasse findet sich in ausgedehnten Lagern am Buschhorn und auf den Junkerwiesen nördlich von Gleimenhain und auch noch südlich davon im Forstort Hahn. Hinsichtlich der Struktur verweise ich auf den Basalt vom Pfarrwald, Teil I, p. 359 ff.

An diese zuletzt angeführten porphyrischen Basalte schließen sich eng die Basalte von der Nellenburg an, welche wahrscheinlich eine Vulkanruine ist. Das Gipfel-

Digitized by Google

gestein des Berges ist in einem alten Steinbruch nördlich unter den alten Burgresten anstehend. In seiner mikroskopischen Struktur gleicht es ganz und gar dem Gipfelbasalt von der Gonzenburg (s. p. 395), nur ist in dem ersteren die Feldspatbildung noch mehr unterdrückt.

Am Fuße der Nellenburg ist durch zwei kleine Steinbrüche eine kleine, dem Hauptberge seitlich aufgesetzte Kuppe aufgeschlossen, von dem er durch sandige Zwischenlagen getrennt ist. Die Absonderung des Basalts ist hier säulig, wobei aber die Richtung der Säulen sehr wechselt. Das Gestein ist im wesentlichen ein porphyrischer Basalt wie der vom Hauptberg. Nur in der Grundmasse unterscheiden sich die beiden Gesteine. Sie besteht hier aus einem braunen Glase, in welchem neben den zahllosen Kriställchen des schon vollständig ausgeschiedenen Augits auch schon viele Feldspatleistchen vorhanden sind.

Digitized by Google

Essexit und verwandte Gesteine der Löwenburg im Siebengebirge am Rhein.

Von

Hans Müller aus Biebrich am Rhein.

In einer Arbeit über „Heptorit, ein Hauyn-Monchiquit aus dem Siebengebirge am Rhein“ (dies. Jahrb. 1904. II. 86—92) macht Prof. Busz auf die nahen Beziehungen dieses Gesteines mit dem in der Nähe auftretenden, zurzeit als Dolerit bekannten Gesteine an der Spitze der Löwenburg aufmerksam und spricht daselbst die Ansicht aus, daß dieses Gestein als ein dem Monchiquit vergesellschaftetes Gestein „wahrscheinlich den Essexiten oder Theralithen anzureihen sein wird“.

In Hinsicht darauf veranlaßte mich Herr Prof. Busz, eine genaue Untersuchung des Gesteines vorzunehmen und daran anschließend die nächste Umgebung der Löwenburg auf das Auftreten von Gesteinen hin zu untersuchen, die mit dem Gesteine, welches die Spitze derselben zusammensetzt. in engerem genetischen Zusammenhang stehen könnten.

Bei diesen Untersuchungen wurden die im folgenden mitgeteilten Resultate erzielt.

Neben dem Gesteine an der Spitze des Berges, das als Essexit bezeichnet werden muß, fanden sich zwei Gesteinsarten, nämlich Monchiquit und Trachydolerit, die als Ganggefolgschaft des Essexites zu betrachten sind.

Im folgenden sollen zuerst der Essexit, dann die Ganggesteine a) Monchiquit, b) Trachydolerit eingehend beschrieben werden.

Digitized by Google

Die einschlägige Literatur ist in der Arbeit von H. Laspeyres[1]: „Das Siebengebirge am Rhein" genau verzeichnet, es kann daher auf eine nähere Literaturangabe hier verzichtet werden, um so mehr, als seit dem Erscheinen jener Arbeit über die für uns in Betracht kommenden Gesteine nichts mehr veröffentlicht worden ist.

I. Essexit.

Das den oberen Teil der Löwenburg zusammensetzende Gestein wurde zuerst von Horner[2] als Dolerit bezeichnet und danach wurde es auch später in den petrographischen Lehrbüchern stets als ein Typus von Dolerit aufgeführt. Allerdings wurde die doleritische Natur nicht allgemein und unbedingt anerkannt. So hat z. B. v. Dechen seinem Zweifel an der Identität mit echtem Basalt in seiner „geognostischen Beschreibung des Siebengebirges am Rhein" Ausdruck gegeben, indem er schreibt (p. 383): „Dieselben (d. h. die Gesteine von der Löwenburg und einigen benachbarten Punkten) mögen einstweilen Dolerit genannt werden, mit dem Vorbehalte jedoch, daß damit keineswegs ihre Identität mit der sonst unter diesem Namen aufgeführten Gebirgsart behauptet werden soll." Indessen hatten die Untersuchungen bisher nichts ergeben, was das Gestein als einer anderen Klasse angehörig erwiesen hätte. Erst das Auffinden des eingangs erwähnten monchiquitischen Gesteines in der Nähe der Löwenburg führte zu der Vermutung, daß in diesem Gesteine ein essexitisches oder theralithisches Tiefengestein vorliege.

Aus den genaueren Untersuchungen geht hervor, daß diese Gesteinsmasse als ein Lakkolith von unregelmäßiger Gestalt, soweit sich das aus den mangelhaften Aufschlüssen vermuten läßt, zu betrachten ist, der, durch spätere Erosion aus den umgebenden Schichten herausgelöst, jetzt den oberen kegelförmigen Teil der Löwenburg bildet. Über seine Fortsetzung nach der Tiefe zu läßt sich nichts Bestimmtes sagen. Der

[1] Verh. d. naturhist. Ver. d. preuß. Rheinl., Westf. u. d. Reg.-Bez. Osnabrück. Bonn 1900. 57. 120—471.

[2] Horner, On the geology of the environs of Bonn. London 1836. p. 443.

Digitized by Google

Durchmesser des oben abgeflachten Essexitkegels beträgt an der anstehenden Basis etwa 130 bis 140 m.

Das Gestein konnte an fünf verschiedenen Punkten anstehend geschlagen werden. Diese liegen teils im Innern der Burgruine, welche die Spitze des Berges krönt, teils gruppieren sie sich dicht um dieselbe.

Ihre Lage ist die folgende:

1. Im Burginnern, rechts von der Treppe nach dem Aussichtsturme [1].

2. Auf der Ostseite, an dem Aussichtsfelsen, der einige Meter hoch als mächtigste Klippe ansteht [2].

3. An der Kreuzung des Hauptweges und des kleinen Fußpfades auf der Westseite, dicht vor der Burgmauer.

4. In der Mitte des eben erwähnten Fußpfades.

5. An dem Vereinigungspunkte des südlichen und nördlichen Fußpfades von dem Löwenburgerhofe nach der Burg [3].

Über den ursprünglichen Umfang und die Gestalt des Essexitlakkolithes läßt sich Genaueres nicht sagen, er ragt jetzt als Kegel mit elliptischer Basis aus den umgebenden Tuffmassen heraus. Ich vermute, daß seine Mächtigkeit und Umfang nach der Tiefe hin zunimmt und daß er randlich von dem Tuff überdeckt und unserer Beobachtung entzogen wird. Wenn das zutrifft, so müßte der Essexit älterer Entstehung sein als der Trachyttuff. Einen genauen Beweis kann ich aber für diese Ansicht nicht geben, dafür spricht jedoch das gänzliche Fehlen einer Kontaktwirkung auf die umgebenden Tuffe. Ich halte es nicht für ausgeschlossen, daß der Essexit innerhalb der Massen des devonischen Gebirges zur Erstarrung gelangt und durch spätere Erosion aus diesen herausgelöst ist. Er würde

---

[1] Laspeyres' erste Fundstelle.

[2] Laspeyres' zweite Fundstelle.

[3] An derselben Stelle gibt Laspeyres seinen dritten Fundpunkt des Brüngelsberg-Andesites an. Da Laspeyres an diesem Punkte eine Fundstelle des Löwenburg-Gesteines nicht erwähnt und da trotz eifriger Bemühungen ein Gestein von den Eigenschaften des Andesites hierselbst nicht aufgedeckt werden konnte, so muß wohl eine Verwechslung vorliegen. Das Hervortreten der Hornblende in den Gesteinen dieser Fundstelle, die bei dem Essexite der anderen Punkte infolge starker Korrosion kaum sichtbar ist, hat vielleicht Laspeyres veranlaßt, das Gestein der Andesitgruppe zuzurechnen.

Digitized by Google

dann eine Kontaktwirkung auf die devonischen Gesteine ausgeübt haben müssen, die aber zurzeit infolge eines mangelnden Aufschlusses des Kontaktes nicht nachzuweisen ist und deren Feststellung weiteren Untersuchungen vorbehalten bleiben muß. Der Altersunterschied der verschiedenen Gesteinsmassen ist aber jedenfalls kein großer. Nehmen wir hier an, der Essexit sei älter als Trachyttuff und demnach auch als Trachyt, so ist anderseits durch die Untersuchung des Heptorites[1] nachgewiesen, daß dieser jünger ist als Trachyt, von welchem er Bruchstücke eingeschlossen enthält.

Das Gestein besitzt in seiner ganzen Ausdehnung gleiche mineralische und chemische Zusammensetzung. Ein Unterschied ist nur in der Struktur wahrzunehmen, indem das Gestein teils feinkörnig erscheint, teils aber ziemlich grobkörnig, so daß man die Gemengteile z. T. mit bloßem Auge deutlich erkennen kann. Es wurde die Beobachtung gemacht, daß die feinkörnigste Varietät im Burginnern, also in der Mitte der Kuppe anzutreffen ist, während an den äußeren Teilen im allgemeinen das Gestein grobkörniger ist.

Einen allmählichen Übergang aus einem grobkörnigen Gestein an der Spitze in ein porphyrisches am äußeren Rande des Vorkommens unter gleichzeitiger Zurückdrängung und Vertretung des Olivins durch Hornblende, wie es von Laspeyres angegeben wird, habe ich nicht beobachten können[2].

Der Hornblendebasalt, welcher danach als Endprodukt dieses Überganges zu betrachten ist und deshalb auch als gleichmäßig rings um den Kern gelagert angegeben wird, tritt gangartig auf der Westseite des Berges auf. Derselbe hat sich, wie aus den späteren Untersuchungen ersichtlich, als Monchiquit bezw. Trachydolerit erwiesen.

Ich gehe nun zur genauen Beschreibung des Gesteines selbst über.

[1] K. Busz, Heptorit, ein Hauyn-Monchiquit aus dem Siebengebirge am Rhein. p. 86.

[2] H. Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein, p. 308, 309. „Indem im Gesteine aus dem körnigen Gefüge immer mehr und mehr die porphyrische Struktur sich entwickelt, bei gleichzeitigem Zurückdrängen des Olivin von seiten der Hornblende, geht bei gleicher chemischer Zusammensetzung der Lava aus dem Dolerit der Hornblendebasalt hervor."

Digitized by Google

a) Makroskopischer Befund.

Der Essexit ist von grauer Farbe. In der dunklen Gesteinsmasse treten helle Flecken von Feldspat und Olivin hervor. Die Farbe, die bei der feinkörnigsten Varietät ziemlich dunkel ist, wird mit Zunahme der Größe des Kornes heller. In der grobkörnigen Varietät kann das bloße Auge folgende Gemengteile wahrnehmen: Plagioklas in hellen Leisten, Augit in schwarzen Prismen, Olivin in gelbgrünen Körnern und Magnetit in schwarzen Lappen. Das Gestein ist überall in frischem und unzersetztem Zustande gefunden worden. Nur an der Wetterseite war es mit einer 2—3 mm dicken Verwitterungskruste überzogen, aus der prismatische Kristalle des Augites oft noch gut erhalten herausragten. Vor kurzem wurde auch an dem Fundpunkt 3 als Ausfüllungsmasse von Hohlräumen Gips gefunden, der jedesmal als ein großes den ganzen Hohlraum erfüllendes Individuum von wasserklarer Beschaffenheit auftritt. Eine befriedigende Erklärung für das Auftreten dieses, unzweifelhaft als Umwandlungs- und Neubildungsprodukt erscheinenden Minerals, kann ich vorläufig nicht geben. Man könnte seine Entstehung vielleicht auf die Zersetzung von Eisenkies zurückführen, indessen enthält das Gestein nur ganz geringe Mengen davon und eine lokale Anreicherung habe ich an keiner Stelle gefunden.

b) Mikroskopische Untersuchung.

Mikroskopisch untersucht wurden Schliffe aller fünf Fundpunkte, sowie Schliffe von Gesteinen mehrerer loser Blöcke. Das Ergebnis in mineralogischer Beziehung war im wesentlichen überall ein gleiches, so daß nicht nötig ist, auf die Fundpunkte im einzelnen einzugehen.

U. d. M. wurden folgende Mineralien erkannt, die ihrem Mengenverhältnis nach sich folgendermaßen gruppieren: Feldspat, Augit, Olivin, Magnetit, Nephelin, Biotit, Apatit, Hornblende und Titanit. Davon sind Feldspat, Augit, Olivin und Nephelin die Hauptbestandteile. Die Struktur des Gesteines ist hypidiomorph-körnig und ähnlich derjenigen, wie wir sie bei vielen Gabbrogesteinen finden. Die Feldspatkristalle treten teils in breit tafelförmigen, etwas gestreckten Formen auf, teils sind sie leistenförmig und divergentstrahlig angeordnet.

Digitized by Google

Auf diese Struktur des Löwenburggesteines macht auch Rosenbusch[1] aufmerksam, der angibt, daß die Gemengteile sich ganz nach Art der Gabbros oder der den Gabbros verwandten Diabasen verweben.

Feldspat. a) Labradorit. Die Feldspatkristalle machen den größten Teil des Gesteines aus. Verzwillingt sind dieselben nach dem Albit- und dem Karlsbader Gesetze, seltener nach dem Periklingesetze. Bei gekreuzten Nicols kann man hin und wieder zonaren Bau beobachten, auch konnten undulös auslöschende Individuen bemerkt werden. Die Verwitterung beginnt an den Spaltungsrissen, beschränkt sich aber nur auf einen kleinen Teil. Der Feldspat wie auch das Verwitterungsprodukt desselben werden von verdünnter Salzsäure bei gewöhnlicher Temperatur nicht angegriffen. Durch konzentrierte Salzsäure wird der Feldspat bei höherer Temperatur teilweise gelöst.

Zur Identifizierung des Feldspates wurde eine Analyse ausgeführt. Entgegen der Ansicht von vom Rath[2], der durch Berechnung aus der Bauschanalyse Oligoklas annehmen zu müssen glaubte, beweist das Ergebnis der chemischen Untersuchung, daß Labradorit vorliegt.

Das zur Analyse verwandte Material wurde durch Trennung mittels Thoulet'scher Lösung und Auslesen unter der Lupe gewonnen.

Das Ergebnis war folgendes:

SiO_2	52,31
Al_2O_3	29,87
Fe_2O_3	0,47
CaO	13,11
MgO	Spur
Na_2O	4,12
K_2O	0,41
Summe	100,29
Spez. Gew.	2,72 (bei 18°)

Das Material war bei 110° getrocknet.

[1] Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der Mineralien und Gesteine. Stuttgart 1896. III. Aufl. 2. 1007.

[2] vom Rath, Sitz.-Ber. d. niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk. zu Bonn. 1860. 17. 89—90.

Digitized by Google

Der Gehalt an Fe_2O_3 ist wohl teilweise auf kleine Verunreinigungen des ausgelesenen Materiales durch winzige, anhaftende Partikelchen von Magnetit, Augit u. a. zurückzuführen. Im übrigen ist die Zusammensetzung dieses Feldspates durchaus im Einklang mit den Analysen eines Labradorites mit dem Mischungsverhältnis: $Ab_{11}An_{18}$ (ca. Ab_2An_3).

b) Sanidin. Außer Labradorit erwähnt Laspeyres als Feldspatgemengteil auch Sanidin. Ich selbst habe keinen Sanidin beobachten können, der Vollständigkeit halber aber mögen die von Laspeyres[1] gegebenen Daten über den Sanidin dieses Gesteines hier angeführt werden. Derselbe fand einen Sanidinkristall in einem grobkörnigen Blocke. Der Kristall, der nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt war, besaß eine Größe von 14 mm bei einer Dicke von 5 mm. Das spezifische Gewicht betrug 2,56. Die Analyse, ausgeführt von vom Rath, hatte folgendes Ergebnis:

SiO_2	69,0
Al_2O_3	19,7
Fe_2O_3	—
CaO	1,4
MgO	Spur
K_2O	5,3
Na_2O	5,0
Glühverlust	0,4
Summe	100,8

Augit ist in großer Menge und in gut kristallisierten Individuen im Gesteine vorhanden. Als Begrenzungsflächen treten auf: P {$\bar{1}$11}, ∞P {110}, ∞P∞ {100} und ∞P∞ {010}. Die Farbe im Dünnschliffe ist teils hellbraun, teils auch grün. Der grün gefärbte Augit kommt aber selten vor und bildet dann meist den Kern der anderen Varietät. Beide zeigen deutlich wahrnehmbaren Pleochroismus. Bei dem grünen Augit ist die Auslöschungsschiefe nur wenig größer als bei dem bräunlichen. Häufig sind die Kristalle nach ∞P∞ {100} verzwillingt. Zonarer Bau und auch Sanduhrstruktur waren, besonders deutlich bei gekreuzten Nicols, häufig zu sehen.

[1] H. Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein. p. 307. Anmerkung.

Digitized by Google

An Einschlüssen beherbergt der Augit oft und reichlich Magnetit. Außerdem kommen Einschlüsse von farblosem Glas und von Prismen von Apatit vor.

Olivin. Olivin ist in wechselnder Menge im Gesteine vorhanden. Schön ausgebildete Olivinkristalle wurden besonders in Schliffen beobachtet, die von dem grobkörnigen Gesteine hergestellt waren. Das frische Mineral war im Mikroskop farblos bis schwach gelblichgrün. Randlich scharf begrenzte Kristalle sind verhältnismäßig selten, meist zeigen die Individuen unregelmäßige Formen. Die Oberfläche erscheint rauh. Meist ist der Erhaltungszustand gut, nur am Rande und an den Spaltungsrissen zeigt sie eine wenig vorgeschrittene Umwandlung in grünen Serpentin. Zuweilen ist der Olivin von Aggregaten von Augitkristallen umrandet.

Magnetit. Magnetit ist durch das ganze Gestein gleichmäßig in zahlreichen Körnern und Kristallen verteilt. Außerdem tritt er auch als Einschluß in den anderen Mineralien auf.

Nephelin. Von Interesse war es, festzustellen, ob Nephelin vorhanden sei oder nicht. Es bestanden bisher vielerseits Zweifel an dem Vorhandensein desselben in dem Löwenburggesteine. vom Rath[1], Vogelsang[2] und Möhl[3] sprechen sich entschieden für das Auftreten von Nephelin aus, Zirkel[4] hält bei diesen Gesteinen besondere Vorsicht für geboten, da leicht unverzwillingter Feldspat für Nephelin angesprochen werden könnte.

Das Vorhandensein von Nephelin wurde aber unzweideutig mikrochemisch nachgewiesen. Zunächst wurde der Dünnschliff mit verdünnter Salzsäure in der Kälte behandelt. Man konnte sich dann überzeugen, daß durch dieselbe Feldspat und Olivin nicht angegriffen wurden[5]. Nach sorgfältigem

[1] vom Rath, Sitz.-Ber. d. niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk. zu Bonn. 1860. 17. 89.

[2] Vogelsang, Philosophie d. Geologie u. mikroskop. Gesteinsstudien. Bonn 1867. p. 166.

[3] Möhl, Tageblatt d. 46. Versammlung deutsch. Naturforscher u. Ärzte in Wiesbaden. p. 122—123.

[4] Zirkel, Lehrbuch d. Petrographie. Leipzig 1894. II. Aufl. 2. 887.

[5] Die schon durch andere Merkmale wie Farbe unterscheidbaren Mineralien werden hier nicht besonders angeführt.

Digitized by Google

Wegspülen der Säure wurde alsdann Fuchsinlösung auf den Schliff gebracht und einige Zeit auf demselben zur Färbung der geätzten Teile belassen. Nach Abwaschen der Flüssigkeit zeigten sich rot gefärbte Partien mit z. T. scharfer Begrenzung, und zwar von rechteckiger und sechsseitiger Gestalt. Daß hier nicht Apatit vorliegt, der ja ebenfalls diese Formen zeigt, wurde dadurch nachgewiesen, daß sich auf einem Schliff, der mit verdünnter Salzsäure behandelt worden war, nach Einengen der Flüssigkeit deutliche Kochsalzwürfelchen bildeten[1]. Da die anderen Na enthaltenden Mineralien von verdünnter Salzsäure nicht angegriffen werden, so muß jedenfalls das Na den geätzten rechteckigen und sechsseitigen Mineralien entstammen, die nichts anders als Nephelin sein können, womit auch ihr optisches Verhalten übereinstimmt. Er ist ein relativ häufiger Gemengteil des Gesteines.

Biotit. Biotit tritt in kleinen unregelmäßigen Lappen auf, die im Mikroskop braun erscheinen. Verwachsen ist er häufig mit Augit und Plagioklas, eine Erscheinung, die auch bei den Essexiten von Rongstock in Böhmen und aus dem südlichen Norwegen stets auffallend hervortritt. Oft ist Biotit mit Magnetit vergesellschaftet, aber die Verwachsung erfolgt ohne irgendwelche Gesetzmäßigkeit.

Hornblende. Das Auftreten der Hornblende ist verhältnismäßig selten. Neben scharf ausgebildeten Kristallen, die nur bei sehr starker Vergrößerung zu erkennen sind, findet man bei allen Schliffen auch stark korrodierte Partien dieses Minerals. Teilweise ist die Korrosion so weit fortgeschritten, daß nur noch die äußere Form der Hornblende erhalten ist, während die Substanz vollständig von einem Aggregat, das wesentlich aus Magnetit besteht, ersetzt wird. Am besten erhalten zeigte sich die Hornblende in den Schliffen der fünften Fundstelle, worauf auch schon an anderer Stelle aufmerksam gemacht wurde. Die Farbe der Hornblende ist braun, der Pleochroismus stark wie bei der gewöhnlichen basaltischen Hornblende.

[1] vom Rath, Sitz.-Ber. d. niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk. zu Bonn. 1860. 17. 89.

Digitized by Google

Apatit. Apatit wurde außer als Einschluß in den anderen Mineralien auch häufig sonst angetroffen. Während er im ersteren Falle scharfe Kristallformen zeigt, erscheint er in der Grundmasse ausschließlich in unregelmäßig begrenzten körnigen Massen von oft nicht unbeträchtlicher Größe. In Schliffen, die vom Gesteine im Innern der Burg stammen, konnte ich mehrere große Körner beobachten, die in bekannter Weise mit staubartigen Interpositionen erfüllt waren. Letztere waren besonders randlich angehäuft, wodurch die Körner eine große Ähnlichkeit mit Hauyn erhielten. Die Zugehörigkeit zu Apatit ging aber natürlich aus der rauh erscheinenden Oberfläche und aus dem optischen Verhalten deutlich hervor.

Titanit. Titanit ist selten. Die Farbe im Dünnschliff ist gelblich, die Umgrenzung meist unregelmäßig. Titanit ist ein den echten Doleriten fremder Gemengteil, während er in den Essexiten häufig auftritt, so daß also auch hier die Zugehörigkeit zu dieser letzteren Gesteinsart hervortritt.

Sowohl was Struktur als was mineralische Zusammensetzung anlangt, ist hiernach das Gestein der Löwenburg den Essexiten anzureihen. Die von Rosenbusch gegebene Definition der Essexite stimmt vollständig mit dem erhaltenen Befunde überein. Auch die Ausscheidungsfolge entspricht derjenigen, wie sie bei den Essexiten angegeben wird. Von den Gemengteilen sind Magnetit, Apatit und Titanit zuerst zur Ausscheidung gelangt, dann folgten Augit, Olivin und Glimmer, sodann Plagioklas und zuletzt Nephelin. Vereinzelt tritt noch ein Augit späterer Generation auf, besonders in dünnen, spitzkeilförmigen Individuen zwischen den Feldspatleisten, dunkel gefärbt und ziemlich stark pleochroitisch, graugrün bis gelbgrün.

Auch seiner chemischen Zusammensetzung nach gehört dieses Gestein zu den Essexiten. Von den beiden, in der Literatur bekannten und im folgenden aufgeführten Bauschanalysen wurde I durch vom Rath[1] und II von Laspeyres[2]

[1] vom Rath, Sitz.-Ber. d. niederrhein. Gesellsch. f. Natur- u. Heilk. zu Bonn. 1860. 17. 89.

[2] Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein. p. 308.

Digitized by Google

angefertigt. Analyse III ist eine Teilbestimmung, die von stud. chem. Schmidt[1] angefertigt wurde. Sie ist bis auf die Alkalien vollständig.

	I.	II.	III.
SiO_2	52.63	50,36	50,18
Al_2O_3	13,53	16,83	14,49
Fe_2O_3	12,60	13,27	14,93
CaO	8,44	8,34	8,20
MgO	6,17	4,78	5,20
K_2O	1,61	2,20	—
Na_2O	4,28	4,79	—
Glühverlust	1,55	1,56	1,19
P_2O_5	Spur	—	—
Summe	100,81	102,13	

Eine Bestimmung des in Salzsäure löslichen Teiles hatte nachstehendes Ergebnis. In konzentrierter Salzsäure sind 23,73 % des Gesteines löslich. Die behandelte Gesteinsmasse wurde vor dem Analysieren bei 110° getrocknet. Der lösliche Teil enthält auf 100 berechnet:

SiO_2	48,65
Al_2O_3	11,79
Fe_2O_3	17,45
CaO	6,66
MgO	6,49
Na_2O	6,37
K_2O	3,29
Summe	100,70

Beim Vergleiche mit der Gesamtanalyse fällt der höhere Anteil von Fe_2O_3, Na_2O und K_2O an der Zusammensetzung auf. Der Na_2O-Gehalt ist wohl zum größten Teile dem Nephelin zuzuschreiben, während Fe_2O_3 hauptsächlich auf Magnetit zurückzuführen ist.

Vergleicht man diese Analysenresultate (s. Tab. I u. II) mit denjenigen des Essexites von Rongstock in Böhmen (Tab. III), so sieht man die große Ähnlichkeit dieser Gesteine auch in chemischer Beziehung.

[1] Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein. p. 308.

Digitized by Google

	I.	II.	III.[1]
SiO_2	52,63	50,36	50,50
TiO_2	—	—	1,91
Al_2O_3	13,53	16,83	17,64
Fe_2O_3	12,60	13,27	5,41
FeO	—	—	4,02
MgO	6,17	4,78	3,33
CaO	8,44	8,34	7,91
Na_2O	4,28	4,79	5,52
K_2O	1,61	2,20	3,02
H_2O	—	—	0,45
P_2O_5	Spur	—	0,92
Glühverlust	1,55	1,56	—
Summe	100,81	102,13	100,63

Überhaupt zeigt sich in diesen Zahlen eine große Übereinstimmung mit der chemischen Zusammensetzung auch anderer Essexite, bedingt durch den niedrigen Gehalt an SiO_2 neben hohem Gehalt an Alkalien, und zwar überwiegend Natron; außerdem ist charakteristisch der hohe Gehalt an Tonerde, Eisenoxyd und Kalk.

Das spezifische Gewicht des Gesteines von der Löwenburg beträgt nach Angaben von vom Rath, Laspeyres und nach eigenen Bestimmungen im Mittel 2,895, dasjenige des Essexites von Rongstock wird zu 2,855 angegeben, also nur wenig abweichend.

Aus diesen Untersuchungen geht unzweifelhaft hervor, daß sowohl in petrographischer als in chemischer Beziehung das Gestein der Löwenburg im Siebengebirge als Essexit zu bezeichnen ist, und aus der Gruppe der Plagioklasbasalte (Dolerite) ausgeschieden werden muß.

Noch ein Punkt sei hier erwähnt, und das ist die Absonderung, die dieses Gestein zeigt. An keiner Stelle ist die für die Plagioklasbasalte jener Gegend so charakteristische und ausgezeichnet ausgebildete säulenförmige Absonderung zu beobachten, sondern, wo größere Massen anstehen, wie besonders an dem sogen. Aussichtsfelsen, da zeigt sich eine Zerklüftung, wie wir sie stets bei granitischen und ähnlichen

[1] H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre. Stuttgart 1901. p. 177. Analyse 3.

Digitized by Google

Gesteinen finden. Mir scheint auch diese Erscheinung eine nicht unwesentliche Stütze für die Annahme zu sein, daß hier ein sogen. Tiefengestein vorliegt.

II. Ganggesteine.

Nach dem obigen Befunde war zu erwarten, daß unter den an der Löwenburg und in ihrer Nähe vorkommenden Gangmassen sich Gesteine finden würden, die in genetischem Zusammenhange mit den Essexiten stehen.

Es wurden nun auch tatsächlich zwei solcher Gesteinsarten aufgefunden, von denen die eine den Monchiquiten, die andere den von Rosenbusch[1] als Trachydolerit bezeichneten Ergußformen essexitischer Magmen angehört. Laspeyres nennt die von mir als Monchiquit bezeichneten Gesteine „Hornblendebasalt“[2], die als Trachydolerit bezeichneten „Brüngelsbergandesit“[3].

Der Monchiquit tritt in zwei Gängen an der Löwenburg auf, und zwar:

1. Am Nordabhang der Löwenburg südlich des Brunnenhäuschens, das am Wege nach Hohenhonnef gelegen ist. An dieser Stelle ist der Hornblendebasaltgang durch einen Steinbruch freigelegt worden. Das Gestein ist plattenförmig abgesondert und mit seiner ganzen Masse keilförmig in einen Gang von Trachydolerit eingedrungen. Der Verlauf dieses Ganges ist nicht weiter zu verfolgen.

2. Der zweite Gang findet sich am Wege nach Hohenhonnef. Er liegt, wie auch Laspeyres angibt, 30 m westlich vom Steine 3,9 der Straße Löwenburg—Hohenhonnef. Dieser Gang ist fast vollständig von Gehängelehm überdeckt, so daß es schwer war, auch nur einigermaßen frisches Material zu schlagen. Die Mächtigkeit des Ganges wird von Laspeyres auf 1 m angegeben.

Die trachydoleritischen Gänge treten in zahlreichen und mächtigen Massen auf. Es sind hier nach Laspeyres zwei

[1] H. Rosenbusch, Elemente der Gesteinslehre. II. Aufl. Stuttgart 1901. p. 352—356.

[2] H. Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein. p. 309—311.

[3] Ebendaselbst. p. 302—306.

Digitized by Google

zueinander senkrecht verlaufende Gangrichtungen zu unterscheiden. Die eine Richtung verläuft etwa von Ost nach West, in diese fallen im engeren Gebiete der Löwenburg drei Gänge, die andere verläuft von Nord nach Süd, zu ihr gehört nur ein einziger Gang.

Der südliche Gang von westöstlicher Richtung nimmt seinen Anfang in der Nähe der südöstlichen Ecke der Burg und zieht sich östlich nach dem Einsiedlertal hin etwa bis zum Anfange des Weges, der im Tale nördlich des Poßberges verlaufend in das Einsiedlertal mündet. Der Verlauf des Ganges wird durch zahlreiche Blockhalden gekennzeichnet. Derselbe bildet auf seiner ganzen Erstreckung, besonders aber in dem höheren Teile, eine deutliche Wulst, die eine Breite von ungefähr 6—7 m besitzt. Die eigentliche Breite des Ganges ist auf etwa 5—6 m anzuschlagen, die Länge auf ungefähr 250 m. Das Gestein besitzt eine plattige den Salbändern parallel verlaufende Absonderung. Aufschlußpunkte liefern die Durchschnitte der Wege von dem Hofe zum Sattel zwischen Löwenburg und Poßberg.

Ungefähr 50 m nördlich von der zweiten Essexitfundstelle (Aussichtsfelsen auf der Ostseite der Burg) nimmt das von Laspeyres als mittlerer Gang bezeichnete Trachydoleritvorkommen seinen Anfang und verläuft parallel dem südlichen Gang ebenfalls in östlicher Richtung. Dieser Gang macht sich ebenso wie der erste durch zahlreiche Blockhalden und eine kleine Wulst auf dem Bergrücken bemerkbar. Seine Mächtigkeit mag etwa 6 m betragen. Aufschlußpunkte liefern wiederum die Wege um den östlichen Teil der Kuppe und vor allem eine Felsklippe wenige Meter östlich von der scharfen Kehre der Straße nach Honnef.

Außer diesen Gängen, die östlich der Burg liegen, tritt auch auf westlicher Seite ein in gleicher Richtung verlaufender Gang auf, der durch die Hohenhonneferstraße auf beiden Seiten des Weges aufgeschlossen ist und zwischen den Kilometersteinen 3,5 und 3,6 liegt. Laspeyres gibt die Mächtigkeit desselben auf etwa 20 Schritte an. Die Länge des Ganges läßt sich der örtlichen Verhältnisse wegen nicht mit Sicherheit feststellen.

Der in der Richtung Nord—Süd verlaufende Gang ist

Digitized by Google

nördlich von der Burg aufgeschlossen und zwar in einem Steinbruche, der sich südlich von dem Brunnenhäuschen, das auf dem Wege nach Hohenhonnef steht, befindet. Dieser Gang von Trachydolerit hat eine Mächtigkeit von 4—5 m und ist noch aus dem Grunde von besonderem Interesse, weil er von einem Monchiquitgang durchbrochen wird.

Das Gestein selbst ist von zahlreichen großen und kleinen Poren erfüllt, die mit Kalkspat und Chabasit besetzt sind. Über den Steinbruch hinaus ist das Gestein an der Oberfläche nicht mehr anzutreffen.

Neben diesen Gesteinen, die mit den von Laspeyres als Brüngelsbergandesit beschriebenen identisch sind, gehört hierher noch ein weiteres Gestein der Löwenburg, das von Laspeyres als Hornblendebasalt aufgeführt wird. Dieses Gestein[1] kommt anstehend am südlichen Wege vom Löwenburger Hofe zur Ruine, am Ende des im Tuff verlaufenden Hohlweges vor. Es ragt als Felsklippe über das umgebende Gestein hervor, ist plattenförmig abgesondert und kann hier in frischen Stücken geschlagen werden. Über den weiteren Verlauf des Ganges läßt sich vorläufig nichts mit Bestimmtheit sagen.

Hinsichtlich ihres geologischen Alters müssen die Monchiquite nach der Eruption der trachydoleritischen Gesteine sich gebildet haben. Denn in dem oben erwähnten Steinbruche sind die gegenseitigen Lagerungsverhältnisse deutlich bloßgelegt. Der Monchiquit als jüngere Masse hat hier den in Säulen abgesonderten Trachydoleritgang durchbrochen und ist innerhalb desselben zur Erstarrung gelangt.

A. Monchiquit.

1. Vom Nordabhang der Löwenburg.

Das deutlich körnige Gestein hat in frischem Zustande eine schwärzlichgraue Farbe, die bei der Verwitterung in schmutzig graubraun übergeht. Es ist ziemlich kompakt und enthält nur wenige rundliche Poren, deren Wandungen mit steinmarkähnlichen Verwitterungsprodukten bekleidet sind,

[1] H. Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein. p. 309.

Digitized by Google

auf denen sich Rhomboeder von Kalkspat abgesetzt haben; z. T. sind die Poren auch vollständig mit Kalkspat erfüllt. Mit bloßem Auge erkennt man zahlreiche glänzende schwarze Hornblendenadeln, die im allgemeinen nicht über ½ cm lang sind und in der Prismenzone scharfe Umgrenzung zeigen. Selten sind deutliche Kristalle von Augit zu sehen. Ferner treten makroskopisch zahlreiche Feldspatkristalle hervor, mit lebhaftem Glanz auf den Spaltungsflächen. Ihre Größe ist z. T. nicht unbedeutend; es wurden Tafeln von ½ cm Breite und Länge beobachtet. Vereinzelt konnten mit der Lupe auch kleine Fetzen von Glimmer erkannt werden.

U. d. M. zeigt das Gestein eine hypokristalline Struktur. In einer hellen und nur zum geringen Teil glasig ausgebildeten Grundmasse treten größere Ausscheidungen von Feldspat, Hornblende, Augit, Biotit und Magnetit hervor. Außerdem finden sich als weitere Gemengteile noch reichlich Apatit und vielleicht auch etwas Nephelin. Die Grundmasse löst sich schon bei geringer Vergrößerung auf und besteht hauptsächlich aus Feldspat, während die farbigen Gemengteile Biotit, Augit und Hornblende nur in ziemlich untergeordneter Menge vorhanden sind. Die Glasbasis der Grundmasse ist vollkommen farblos und enthält wenige schwarze nadelförmige Mikrolithe und Globulite.

Feldspat. Weitaus die Hauptmenge des Feldspates gehört dem Plagioklas an. Die Individuen desselben zeigen teils eine leistenförmige Gestalt und sind dann divergentstrahlig angeordnet, teils aber, und zwar ist das ziemlich häufig der Fall, haben sie eine rechteckige Form. Die Beschaffenheit ist durchweg recht frisch, daher tritt auch die Zwillingslamellierung sehr deutlich hervor. Größere Einsprenglinge sind durch das ganze Gestein verbreitet, auch sie zeigen nur ganz geringe Spuren von Zersetzung, die sich im wesentlichen durch Neubildung von Kalkspat zu erkennen gibt. Einschlüsse finden sich darin nur selten. Die Auslöschungsschiefe gegen die Zwillingsgrenze in basischen Schnitten beträgt etwa 9°. Hieraus und aus der Kalkspatbildung ergibt sich, daß ein Feldspat der Labradoritreihe vorliegt von der annähernden Zusammensetzung $Ab_2 An_3$.

Digitized by Google

Neben Plagioklas wurde auch Orthoklas beobachtet. Er erscheint ebenfalls in leistenförmigen oder rechteckigen Individuen, die entweder einfache Kristalle oder Karlsbader Zwillinge darstellen, deren optisches Verhalten mit Orthoklas bezw. Sanidin übereinstimmt. Die Kristalle sind von frischer, klarer Beschaffenheit und enthalten fast keine Mineraleinschlüsse.

Hornblende. Dieses Mineral kommt fast nur in größeren Ausscheidungen vor, wie es bereits bei der makroskopischen Beschreibung erwähnt war. In der Grundmasse war dieselbe nur in geringer Menge wahrzunehmen. Sie erscheint hier teils in schön ausgebildeten, dünn prismatischen Kristallen, teils aber auch ist die Begrenzung unregelmäßig. Die gewöhnliche Zwillingsbildung nach $\infty P\infty$ {100} ist keine seltene Erscheinung. Eine Korrosionszone, wie sie sonst bei basaltischer Hornblende so überaus häufig ist, konnte niemals wahrgenommen werden. In Schnitten senkrecht zur Vertikalachse zeigt die Hornblende die charakteristischen Spaltungsrisse. Der Pleochroismus ist stark und zwar: a hellgelb, b rötlichbraun, c tiefbraun. Die Auslöschungsschiefe wurde im Maximum zu 14° bestimmt. Hiernach zu urteilen, scheinen wir es mit einer barkevikitischen Hornblende, wie sie ja auch sonst vorzugsweise den monchiquitischen Gesteinen eigen ist, zu tun zu haben. An Einschlüssen beherbergt sie Blättchen von Biotit und Kriställchen von Magnetit, beide aber nur in geringen Mengen.

Augit. Auch der Augit kommt in diesen Gesteinen fast nur in größeren Ausscheidungen vor; als Gemengteil der Grundmasse spielt er eine untergeordnete Rolle. Er erscheint darin in kleinen Kristallen oder unregelmäßig begrenzten Körnern von fast farbloser Beschaffenheit, die infolge ihres starken Lichtbrechungsvermögens reliefartig hervortreten. Die größeren Individuen mit z. T. scharfer Kristallbegrenzung (der Augit zeigt die gewöhnlichen Formen ∞P {110}, $\infty P\infty$ {010}, $\infty P\infty$ {100} und P {$\bar{1}$11}) besitzen in Schnitten parallel der Vertikalachse eine schwache lichtgrüne Färbung und zeigen einen kaum bemerkbaren Pleochroismus; Schnitte senkrecht zur Vertikalachse sind hellgelblichgrau bis farblos. Die Auslöschungsschiefe in Längsschnitten wurde im Maximum

Digitized by Google

zu 40° bestimmt. Jedenfalls ist dieser Pyroxen den diopsidischen Augiten anzureihen. An Einschlüssen beherbergt er meist nur Magnetit, weniger häufig Fetzen von Biotit und Nadeln von Apatit.

Biotit. Der Biotit zeigt in diesen Gesteinen dieselben Erscheinungen, wie sie bei Beschreibung des Essexites erwähnt wurden. Nächst dem Feldspat ist es der wesentlichste Gemengteil der Grundmasse, in der er in der Form häufig sehr scharf begrenzter hexagonaler Täfelchen oder in Querschnitten in rechteckigen Leistchen auftritt. Daneben kommen aber auch zahlreiche, ganz unregelmäßige begrenzte Lappen und Fetzen von diesem Mineral vor. Fast immer sind die Individuen nur sehr klein; größere Ausscheidungen von Glimmer kommen nur ganz vereinzelt vor. In basischen Schnitten ist die Farbe des Biotits rotbraun. Häufig ist er mit Magnetit verwachsen.

Apatit tritt in ziemlich bedeutender Menge auf, sowohl in dünnen Nadeln, als auch in größeren Prismen mit vielfach scharfer Kristallbegrenzung. Außerdem kommt er in größeren unregelmäßig begrenzten Körnern vor. Er besitzt stets eine vollkommen wasserklare Beschaffenheit und tritt infolge seiner starken Lichtbrechung deutlich aus der Grundmasse hervor.

Magnetit ist ebenfalls in der Grundmasse in reichlicher Menge vorhanden. Er bildet größere und kleinere scharf begrenzte Oktaeder.

Als Neubildungsprodukt findet sich Kalkspat in ziemlicher Menge. Es wurde bereits erwähnt, daß er als Umwandlungsprodukt im Feldspat auftritt. Außerdem aber bildet er vielfach die Zwischenklemmungsmasse zwischen den Feldspatleisten und an manchen Stellen zeigen die Kalkspataggregate eine scharfe Kristallumgrenzung, und zwar von der Form regelmäßiger Hexagone. Ich vermute, daß in diesem Falle der Kalkspat aus der Umwandlung eines Minerals der Sodalithreihe hervorgegangen ist.

Seiner mikroskopischen Beschaffenheit nach kann man also dieses Gestein als einen Glimmer-Monchiquit bezeichnen. Auch in bezug auf seine chemische Zusammensetzung ist das Gestein den Monchiquiten anzureihen. Eine Bauschanalyse,

Digitized by Google

ausgeführt von Dr. Fels, ergab das folgende Resultat (I)[1], daneben ist eine Analyse des Gesteines von der Sta. Cruz-Bahn in Brasilien aufgeführt (II)[2].

	I.	II.
SiO_2	50,91	52,84
TiO_2	—	0,85
Al_2O_3	18,45	10,80
Fe_2O_3	11,87	—
FeO	—	11,03
MgO	4,46	6,85
CaO	7,64	8,95
Na_2O	4,45	6,44
K_2O	2,72	2,24
Glühverlust	1,49	—
Summe	101,99	100,00

Charakteristisch ist das Vorherrschen von Erdalkalien gegenüber den Alkalien und die Mengenverteilung von K_2O und Na_2O etwa in dem Verhältnis 1 : 2. Der relativ geringe Gehalt an MgO ist durch die geringen Mengen Mg-führender Mineralien zu erklären, während das starke Vorwiegen von Al_2O_3 wohl auf die große Verbreitung des Feldspates zurückzuführen ist.

2. Monchiquit von der Straße Löwenburgerhof—Hohenhonnef.

Die Struktur dieses Gesteines erscheint viel feinkörniger, das Gestein viel poröser als das vorher beschriebene. Es ist stark verwittert, frisches Material von dem Gange zu erhalten, war nicht möglich. Infolge dieser Verwitterung sind die Poren, die teils rundlich sind, teils die Form wurmähnlich gewundener Kanäle haben, mit braunem ockerigen Eisenhydroxyd erfüllt. Die fettartig schimmernde Grundmasse ist von bräunlichgrauer Farbe und beherbergt zahlreiche schwarze Hornblendenädelchen, von etwa gleicher Größe wie

[1] H. Laspeyres, Das Siebengebirge am Rhein. p. 310.

[2] A. Osann, Versuch einer chemischen Klassifikation der Eruptivgesteine. Tscherm. Min. u. petr. Mitt. 21. Wien 1902. p. 418 u. 440. Analyse 133.

Digitized by Google

in dem oben beschriebenen Gesteine, die sich hier aber ganz besonders scharf herausheben und eine deutliche Kristallbegrenzung erkennen lassen. Die Kristalle werden von folgenden Flächen begrenzt: ∞P {110}, ∞P∞ {010}, ∞P∞ {100}, 0P {001}, P {$\bar{1}$11}. Der eigenartige Schimmer des Gesteines wird von zahlreichen Feldspatindividuen von rechteckiger, selten leistenförmiger Gestalt hervorgerufen, was bei Anwendung einer Lupe deutlich zu erkennen ist.

U. d. M. zeigt dieses Gestein einen wesentlichen Unterschied gegenüber dem vorher beschriebenen Vorkommen, und zwar beruht dieser hauptsächlich auf dem massenhaften Auftreten der Hornblende, wogegen der Augit stark zurücktritt. Außer diesen Mineralien beteiligen sich an der Zusammensetzung des Gesteines ferner noch Feldspat und Magnetit; in geringer Menge findet sich Glimmer und Apatit. Die Grundmasse, welche stark zersetzt ist, besteht aus leistenförmigen oder rechteckigen Feldspatindividuen, prismatischen Kristallen von Hornblende, Körnern und Prismen von Augit, zahlreichen Oktaederchen von Magnetit und aus Glasbasis.

Der Feldspat ist infolge der vorgeschrittenen Zersetzung seiner Natur nach nicht näher zu bestimmen. Die Kristalle sind im Innern mit einer schmutzig gelblichgrünen steinmarkähnlichen Substanz erfüllt, welche nicht auf das polarisierte Licht wirkt. Der äußere Rand der Querschnitte ist aber vielfach noch klar und durchsichtig; Zwillingslamellierung ist nur vereinzelt zu beobachten. Da die meisten der leistenförmigen Individuen ihre Längsrichtung parallel auslöschen, so vermute ich, daß ein großer Teil des Feldspates dem Orthoklas angehört und daß dieser mindestens in demselben Maße an der Zusammensetzung beteiligt ist, wie der Plagioklas.

Die Hornblende ist nächst dem Feldspat der wesentlichste Gemengteil. In der Grundmasse erscheint sie in der Form zahlreicher langer schmaler Säulchen, die da, wo sie senkrecht zur Längsrichtung durchschnitten sind, eine scharfe hexagonale Begrenzung besitzen.

Daneben treten viele größere Ausscheidungen von Hornblende auf, die ebenfalls eine deutlich ausgebildete Kristall-

Digitized by Google

gestalt aufweisen und bis zu $\frac{1}{2}$ cm Länge erreichen. Als Endigungen kann man daran erkennen: 0P {001} und P {$\bar{1}$11}. In der Prismenzone treten die Flächen von ∞P {110} und ∞P∞ {010} auf. In einzelnen Fällen wurde auch das Orthopinakoid ∞P∞ {100} beobachtet. Zwillingsbildung nach dem gewöhnlichen Zwillingsgesetz ist häufig. In bezug auf ihre optischen Verhältnisse stimmt diese Hornblende mit dem Barkevikit überein, die Auslöschungsschiefe gegen die Vertikalachse wurde zu $12\frac{1}{2}^0$ bestimmt. Der Pleochroismus ist außerordentlich stark, und zwar sind die Absorptionsfarben parallel c dunkelbraun, parallel der Symmetrieachse dunkelrötlichbraun und in der Richtung der kürzeren Diagonalen des Prismas hellgelblichbraun. Zu bemerken ist noch, daß die Kristalle niemals auch nur eine Spur eines Absorptionsrandes zeigen.

Augit tritt nur als Gemengteil der Grundmasse auf. Die Farbe der kleinen Kriställchen und Körnchen ist hellgrau, manche erscheinen auch vollkommen farblos, andere infolge von Zersetzung etwas grünlich. Die Menge ist auch in der Grundmasse sehr gering.

Der Biotit bildet winzige hexagonale Täfelchen, die meist erst bei Anwendung starker Vergrößerung zu sehen sind. Apatit erscheint in einzelnen größeren Körnern von wasserklarer Beschaffenheit. Außerdem kommt er auch in zahlreichen Nadeln in der Grundmasse vor.

Glasmasse ist in großer Menge vorhanden und ist teils farblos, teils zeigt sie eine ähnliche Umwandlung, wie der Feldspat, in die grünliche steinmarkähnliche Masse. Als Entglasungsprodukt treten in ihr Globulite und winzige schwarze Nädelchen, sowie durchsichtige Nädelchen von Feldspat oder vielleicht auch von Apatit auf.

Infolge des weit vorgeschrittenen Zersetzungszustandes des Gesteines wurde vorläufig von einer chemischen Analyse Abstand genommen, um so mehr als durch den mikroskopischen Befund klar hervorgeht, daß wir es hier mit einem typischen Monchiquit zu tun haben. Und zwar würde dieses Gestein als Hornblende-Monchiquit zu bezeichnen sein, im Gegensatz zu dem vorher beschriebenen Glimmer-Monchiquit.

Digitized by Google

B. Trachydolerit.

Von den zahlreichen hierher gehörenden Vorkommnissen, deren eingehendere Bearbeitung in Aussicht genommen ist, sollen hier nur die an der Löwenburg selbst auftretenden Berücksichtigung finden. Es sind das die drei von Laspeyres (l. c. 303) als Brüngelsberg-Andesit bezeichneten Gesteine des nördlichen, mittleren und südlichen Ganges, und viertens ein Gestein, das am südlichen Wege nach der Burg ansteht und bisher als Hornblendebasalt bezeichnet war.

In ihrem Aussehen zeigen diese Gesteine große Verschiedenheiten:

1. Dasjenige des nördlichen Ganges ist von hellgrauer Farbe. Es steht in dem kleinen Steinbruch oberhalb des Brunnenhäuschens an und grenzt unmittelbar an den ebenfalls dort anstehenden, säulenförmig abgesonderten Monchiquit, der oben beschrieben worden ist. In der hellgrauen Grundmasse liegen zahlreiche $\frac{1}{2}$ bis $\frac{3}{4}$ cm große, tafelförmige Kristalle von Plagioklas, die infolge beginnender Zersetzung eine trübe gelblichgraue Farbe haben. Mit der Lupe sind Tafeln von Biotit und wohl ausgebildete prismatische Kristalle von Hornblende zu erkennen. Das Gestein ist sehr porös und die Poren sind mit Neubildungsprodukten, besonders Eisenhydroxyd und Kalkspat ganz oder teilweise erfüllt.

2. Das Gestein des mittleren Ganges ist von frischer Beschaffenheit und dunkelgrauer Farbe. Die Feldspatkristalle treten aus der Grundmasse wenig deutlich hervor und sind meist klein. Häufig sind Kristalle von schwarzer Hornblende und Augit, die aber auch nur geringe Dimensionen aufweisen.

3. Der südliche Gang besteht aus einem Gesteine, das dem des nördlichen Ganges ähnlich ist. Auch hier ist die Grundmasse hellgrau und enthält zahlreiche porphyrische Ausscheidungen von tafelförmig ausgebildetem Feldspat, von grauer oder gelblichgrauer Farbe. Besonders reich ist dieses Gestein an Hornblende, die in wohl ausgebildeten Kristallen allenthalben in der Grundmasse zu erkennen ist. Biotit ist

Digitized by Google

sehr viel seltener. Die Struktur ist eine deutlich schieferige, hervorgerufen durch parallele Lagerung der Feldspatindividuen, und ist besonders deutlich auf dem Querbruche zu erkennen; die Absonderungsflächen besitzen einen fettartigen Glanz, ähnlich wie das bei vielen phonolithischen Gesteinen zu sehen ist (vergl. Laspeyres l. c. p. 217).

4. Das südlich der Burg anstehende Gestein endlich ist von dunkelgrauer Farbe, die durch Verwitterung in hellgelblichgrau übergeht. Die größeren Feldspatausscheidungen, welche fast die Farbe der Grundmasse besitzen, treten nur spärlich auf und sind nur mit Hilfe einer Lupe deutlich zu erkennen. Dagegen finden sich massenhaft Nadeln von Hornblende.

Bei der mikroskopischen Untersuchung zeigten diese Gesteine mancherlei Unterschiede, die sich besonders in der Ausbildung der Grundmasse bemerkbar machen. Bei allen ist die Grundmasse hell und verhältnismäßig arm an Mineralien der Amphibol- und Pyroxengruppe. Sie besteht wesentlich aus Feldspat und einem Magmarest, der die Zwischenklemmungsmasse zwischen den Feldspatleisten bildet; dazu kommen Körnchen und Kriställchen von Magneteisen und feine Nadeln von Apatit.

Der Feldspat der Grundmasse ist hauptsächlich Plagioklas, der meist leistenförmig ist und sich häufig in fluidaler Anordnung findet; daneben sind rechteckige Querschnitte nicht selten. Nach der optischen Orientierung zu urteilen, gehört der Plagioklas einem kalkreichen Labradorit etwa von der Zusammensetzung Ab_2An_3 an, wofür auch die Erscheinung spricht, daß sich in den zersetzten Gesteinen stets eine große Menge von neugebildetem Kalkspat findet.

Neben dem Plagioklas kommen rechteckige Querschnitte vor, die keine Zwillingsbildung zeigen und häufig parallel und senkrecht zu ihrer Längserstreckung auslöschen. Es darf wohl angenommen werden, daß jedenfalls ein Teil dieser dem Sanidin zuzurechnen ist; an größeren Kristallen konnte unzweifelhaft die Orthoklasnatur nachgewiesen werden. Die Zwischenklemmungsmasse ist in den meisten der oben

Digitized by Google

genannten Gesteine stark zersetzt, nur in dem Gesteine des mittleren Ganges ist sie frisch und bietet ein Mittel, auf die ursprüngliche Beschaffenheit in den anderen Gesteinen zu schließen. Allerdings ist sie gerade hier nicht in besonders großer Menge vorhanden. Bei Anwendung starker Vergrößerung ist sie leicht zu erkennen und von dem farblosen Feldspat zu unterscheiden. Während nämlich letzterer glatt erscheint, hat die Zwischenklemmungsmasse eine etwas rauh erscheinende Oberfläche und die ganze Masse sieht wie gekörnelt aus, auch enthält sie zahlreiche Einschlüsse, die besonders aus winzigen Körnchen von Magnetit und Augit bestehen. Mit Apatit, welcher auch in größerer Menge in den Gesteinen auftritt, ist sie nicht zu verwechseln, da dieser ein sehr viel höheres Lichtbrechungsvermögen besitzt und immer mit starkem Relief hervorragt.

An manchen Stellen kommen deutlich hexagonal begrenzte Partien vor von genau derselben Beschaffenheit, wie diese Zwischenklemmungsmasse. Die Natur dieser Partien läßt sich aus dem Vergleiche mit größeren ähnlichen bestimmen, die im Innern die dunklen Einschlußanhäufungen aufweisen, die für die Mineralien der Sodalithgruppe, insbesondere Hauyn und Nosean so charakteristisch sind. Diese Anhäufungen sind oft linear angeordnet und bilden Systeme von Linien, die sich meist rechtwinkelig kreuzen. Es kann gar kein Zweifel sein, daß hier Hauyn vorliegt und aus der Analogie schließe ich, daß auch wenigstens ein großer Teil der Zwischenklemmungsmasse diesem Mineral angehört. Es ist das in hohem Grade auffallend, da sonst stets der Hauyn zu den intratellurischen Ausscheidungen gehört und älter ist als der Feldspat. Das gilt im vorliegenden Falle nur von den größeren porphyrisch ausgeschiedenen Hauynindividuen, die eine vollkommene idiomorphe Ausbildung besitzen. Als Zersetzungsprodukt tritt sowohl in diesen Kristallen als auch in der Zwischenklemmungsmasse Kalkspat in winzigen Körnchen auf, der sich jedenfalls aus dem Ca-Gehalt des Hauyns gebildet hat. In der Grundmasse der übrigen Gesteine war Hauyn selbst nicht nachzuweisen, indessen kommen dort hexa-

Digitized by Google

gonal oder rundlich erscheinende Partien von Zersetzungsprodukten — Kalkspat und Chlorit — vor, die vielleicht an die Stelle von ursprünglich vorhandenem Hauyn getreten sind.

In diesen Gesteinen ist auch Augit ein wesentlicher Gemengteil der Grundmasse, er bildet licht hellgrünlichgrau gefärbte, vollkommen durchsichtige Prismen und Körnchen und ist wohl dem Diopsid zuzurechnen.

Daß auch Nephelin sich an der Zusammensetzung der Grundmasse beteiligt, wurde mikrochemisch auf die früher beschriebene Methode nachgewiesen; er ist im Mikroskope nur sehr schwer zu erkennen.

Hornblende als Gemengteil der Grundmasse spielt nur in den Gesteinen des nördlichen Ganges eine Rolle. In diesem ist sie reichlich vorhanden und bildet Nadeln von schokoladebrauner Farbe. Sie zeigt dieselbe Beschaffenheit und Eigenschaften, wie sie bei der Beschreibung der Monchiquite erwähnt worden ist, es braucht also darauf hier nicht mehr eingegangen zu werden.

Titanit kommt in kleinen Kristallen im Gestein des mittleren Ganges vor.

Als größere Ausscheidungen treten folgende Mineralien auf: Plagioklas (Labradorit), Sanidin, Hornblende, Augit, Apatit in allen vier Gesteinen, Hauyn und Titanit im Gestein des mittleren Ganges, Biotit im Gestein 1 und 3. Olivin wird von Laspeyres (l. c. p. 220) als seltener Gemengteil des Gesteines des mittleren Ganges angegeben, in meinen Präparaten war er nicht vorhanden.

Diese Gemengteile mögen hier noch kurz charakterisiert werden.

Der Plagioklas stimmt in bezug auf seine optische Orientierung mit demjenigen der Grundmasse überein. Überall zeigt er beginnende Zersetzung durch stellenweise auftretende Trübungen. An Einschlüssen finden sich darin Kristalle aller anderen Gemengteile, Prismen von Hornblende und Augit, Nadeln von Apatit und Kristalle von Magnetit. Häufig lagern sich eine Anzahl größerer Kristalle aneinander, wobei sie sich um einen Kern radial anordnen.

Daß unter den Ausscheidungen Sanidin auftritt,

Digitized by Google

konnte an Spaltungsblättchen nachgewiesen werden, welche genau die optische Orientierung des Sanidins besaßen. In den Dünnschliffen findet man sowohl einfache Kristalle, als auch Karlsbader Zwillinge; manche Kristalle zeigen zonaren Bau.

Hornblende bildet gut ausgebildete Kristalle der gewöhnlichen Form. Farbe und Pleochroismus, sowie Auslöschungsschiefe ist ebenso wie in den Monchiquiten dieser Gegend. Fast immer sind die Kristalle scharf begrenzt, nur in dem Gesteine No. 2 wurden solche mit einer allerdings nur schwachen Korrosionszone beobachtet, und im Gesteine No. 4 ganz vereinzelt.

Augit kommt in zwei Varietäten vor; gewöhnlich zeigt er eine hellgrüne Farbe und schwachen Pleochroismus, hellgrün bis hellgelblichgrün; seltener ist die grauviolett gefärbte Varietät, sie findet sich vereinzelt im Gesteine 3 und 4. Überhaupt tritt Augit, ausgenommen im Gestein des mittleren Ganges, nur spärlich auf.

Apatit ist entweder vollkommen wasserklar und farblos — so stets im Gestein 1 und 3 —, oder er zeigt eine bräunliche Farbe infolge staubartiger Interpositionen, sogen. bestäubter Apatit. Diese Beschaffenheit zeigt er in den Gesteinen 2 und 4.

Über Hauyn ist schon oben bei Beschreibung der Grundmasse berichtet worden.

Biotit von dunkelbrauner Farbe und starkem Pleochroismus ist häufig in dem Gestein des nördlichen Ganges. Hier bildet er hexagonale Tafeln, die aber keine sehr scharfe Begrenzung zeigen. Verwachsen mit Hornblende findet er sich spärlich in dem Gestein des südlichen Ganges. Als Gemengteil der Grundmasse findet er sich in geringer Menge in den Gesteinen 2 und 4.

Der Titanit wurde nur ganz vereinzelt angetroffen, größere, unregelmäßig begrenzte Körner bildend, die von schwarzem Eisenerz umsäumt waren.

Von diesen vier Ganggesteinen ist das des mittleren Ganges von M. Deiters[1] chemisch untersucht worden (Ana-

[1] M. Deiters, Die Trachydolerite des Siebengebirges. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. **13**. Berlin 1861. p. 121.

Digitized by Google

lyse I); ob die von Bischof und Kjerulf[1] angegebene Analyse (II) „von einem Gesteine der Löwenburg mit vielen schwarzen Hornblendenadeln“ sich auf dieses Gestein bezieht, erscheint mir, bei der großen Verschiedenheit in bezug auf Tonerde, Eisen und Alkalien, sehr zweifelhaft.

	I.	II.
SiO_2	54,73	55,17
Al_2O_3	19,26	13,56
Fe_2O_3	8,00	14,35
MnO	Spur	—
CaO	4,22	7,04
MgO	0,14	3,89
K_2O	4,68	1,87
Na_2O	6,78	3,20
H_2O	2,50	—
P_2O_5	Spur	Spur
Glühverlust	—	0,92
Summe	100,31	100.00
Spez. Gew.	2,739	2,945

Eine von mir ausgeführte Analyse des Gesteines des mittleren Ganges ergab das unter III aufgeführte Resultat. Außerdem analysierte ich das Gestein des nördlichen Ganges aus dem Steinbruche südlich des Brunnenhäuschens (IV).

	III.	IV.
SiO_2	53,57	54,12
Al_2O_3	19,14	18,77
Fe_2O_3	8,51	8,20
FeO	3,05	2,14
MnO	Spur	Spur
CaO	4,13	3,98
MgO	1,01	1,17
K_2O	3,98	4,03
Na_2O	4,76	5,63
H_2O	2,88	2,45
Summe	101,03	100,49
Spez. Gew.	2,71	2,63

[1] G. Bischof, Chemische und physikalische Geologie. 2. 2214.

Digitized by Google

Die Analysen I und III stimmen ziemlich genau miteinander überein. In I ist der Gehalt an Alkalien, in III derjenige an Eisen bedeutender; in beiden aber überwiegt von den Alkalien das Natron. Dasselbe ist zwar auch in Analyse II der Fall, doch ist hier der Gehalt an CaO fast doppelt so groß wie in den anderen Analysen und außerdem findet sich eine große Menge von MgO, während davon sonst nur geringe Mengen vorhanden sind. Ferner zeigt sich ein sehr wesentlicher Unterschied in dem Gehalt an Al_2O_3 mit über 19 % in Analyse I und III und mit nur 13½ % in Analyse II; es kann also nicht wohl dasselbe Gestein bei diesen Analysen vorgelegen haben.

Eine auffallende Übereinstimmung miteinander aber weisen die Resultate der Analyse III und IV auf, also von den Gesteinen des nördlichen und des mittleren Ganges, welche somit die nahe Verwandtschaft dieser Ganggesteine auch in chemischer Beziehung deutlich kennzeichnen.

Im Vergleich zu den monchiquitischen Ganggesteinen nun zeigen die Trachydolerite einen erheblich höheren Gehalt an SiO_2, der bis 7—9 % mehr beträgt. Mit anderen Trachydoleriten verglichen, zeigt sich eine befriedigende Übereinstimmung.

Der SiO_2-Gehalt mit ca. 54 % ist ziemlich genau so groß wie bei ähnlichen Gesteinen, den sogen. Hauyntephriten von Tenerifa, Palma und aus dem böhmischen Mittelgebirge, wo er von 52—56 % schwankt; dasselbe gilt von CaO und den Alkalien, von denen Natron meist nicht unbedeutend überwiegt.

Nach diesen Untersuchungen darf man wohl mit Recht diese Ganggesteine den Trachydoleriten zurechnen und sie als Gefolgschaft des Essexites der Löwenburg betrachten.

Es ist hiermit nicht die Reihe der in genetischem Zusammenhang mit diesem Essexit stehenden Ganggesteine erschöpft, wie ja z. B. das Auftreten des Heptorites im Rhöndorfertale beweist; vermutlich gehört doch auch das eigentümliche Gestein, das gangförmig am Kühlsbrunnen auftritt und als Kühlsbrunnentrachyt, Ägirintrachyt und Sodalithtrachyt bezeichnet worden ist, in diese Reihe und es ist anzunehmen, daß von den zahlreichen Gang-

Digitized by Google

gesteinen, die in der Nachbarschaft der Löwenburg auftreten, ebenfalls eine Anzahl als essexitische Ganggesteine zu bezeichnen sind.

Weitere Untersuchungen in dieser Richtung sind in Aussicht genommen.

Min.-geol. Museum der Universität Münster i. W. 1907.

Druckfehler-Berichtigung.

Seite 42 dieses Beilagebandes Zeile 6 von oben muß es heißen: (Stadium III. Salbandmodifikation) statt (Stadium I) und Zeile 8 von oben: (Stadium I) statt (Stadium III, Salbandmodifikation).

Digitized by Google

Die mesozoischen Formationen auf Sardinien.

Von

Dr. **Karl Deninger** in Freiburg i. B.

Mit Taf. XIII—XV.

Einleitung.

Die im folgenden gegebenen Ausführungen über die mesozoischen Formationen in Sardinien sind das Resultat zweier Reisen auf dieser Insel in den Jahren 1904 und 1905. Die erste Reise wurde z. T. gemeinsam mit Herrn Prof. Tornquist's Reise zur Erforschung der Trias in Nordsardinien ausgeführt und ich bin ihm für mancherlei Anregung und Unterstützung meiner Arbeiten zu großem Dank verpflichtet. Nicht minder freundlich wurde ich durch die italienischen Behörden unterstützt. Se. Exzellenz Herr Minister Morelli-Gualdierotti und Herr Conte Pietro Coja, Präfekt von Cagliari, hatten mich mit wertvollen Empfehlungsschreiben versehen. Ich möchte es aber auch nicht versäumen, die gastfreie Bevölkerung der Insel dankbar zu erwähnen und unter ihr besonders Herrn Secchi Giacomo, Besitzer der Casa Orulese, bei welchem die Geologen, welche den interessanten Monte Santa Giusta besuchten, stets freundliche Aufnahme fanden. Auch den Herren Geheimrat Prof. Dr. Steinmann und Prof. G. Boehm sage ich an dieser Stelle für die freundliche Unterstützung meiner Arbeiten meinen verbindlichsten Dank.

Über die Insel Sardinien und deren mesozoische Formationen im speziellen liegen eine Reihe von schönen Arbeiten vor. Sardinien wird von de Stefani und Lovisato, von denen

Digitized by Google

letzterer durch seine langjährigen Studien auf der Insel mit allen Verhältnissen vertraut ist, als eine der geologisch am besten bekannten Gegenden Italiens bezeichnet. Daß dies so ist, ist in erster Linie das Verdienst LAMARMORA's, welcher in seinem klassischen Werke „Voyage en Sardaigne" in dem 1857 erschienenen 3. Bande eine geologische Beschreibung der ganzen Insel gegeben hat. Eine geologische Karte und zahlreiche Profile sind diesem Werke beigegeben und ein von MENEGHINI bearbeiteter weiterer Band dieses Werkes behandelt die von LAMARMORA gesammelten Versteinerungen. Wer dieses Werk genauer kennt, der weiß, welche Fülle von guten Einzelbeobachtungen darin enthalten ist und wenn sich auch unsere Kenntnisse auf manchen darin behandelten Gebieten erweitert haben, so daß manche Teile jetzt als veraltet bezeichnet werden müssen, so ist dies nicht zum wenigsten gerade der Arbeit LAMARMORA's zu danken, der die Grundlage für die Erweiterung unserer Kenntnisse geschaffen hat.

Ich will es daher im folgenden versuchen, eine kurze Darstellung unserer Kenntnisse über die mesozoischen Formationen der Insel zu geben, wie sie aus dem Werke LAMARMORA's, der neueren Literatur und meinen eigenen Beobachtungen auf der Insel sich entwickeln.

Es ergibt sich hierbei eine natürliche Einteilung in die Ablagerungen West- und Ostsardiniens, wenn auch in etwas anderer Weise, wie dies LAMARMORA seinerzeit ausgeführt hatte. Zunächst stellt die nur in Westsardinien ausgebildete Triasformation ein geschlossenes Ganzes dar. Der Jura, speziell das Bathonien ist im Westen und den zentralen und östlichen Teilen der Insel sehr ähnlich entwickelt und bildet eine Gruppe für sich. Malm und untere Kreide kennen wir fast ausschließlich von der Ostküste durch Fossilfunde sichergestellt und die obere Kreide wiederum nur von der Westküste.

In der Schreibweise der Eigennamen habe ich mich grundsätzlich nach der vom Istituto geografico militare in Florenz herausgegebenen Karte im Maßstab 1 : 50 000 gerichtet. Diese Schreibweise weicht häufig von der in LAMARMORA's Werk und Karte gegebenen und auch jetzt noch im Volksmunde gebräuchlicheren Bezeichnung wesentlich ab, da sich auf der italienischen Karte das Bestreben zeigt, die sardischen Eigennamen zu italienisieren. Ich habe in solchen Fällen LAMARMORA's Schreibweise in Klammern beigefügt.

Digitized by Google

Geschichtliches über die sardische Trias.

Lamarmora hatte die Trias in Sardinien noch nicht erkannt. Er hielt sowohl den Buntsandstein, wie die darüber folgenden Kalke und Dolomite des Muschelkalks für Gesteine jurassischen Alters (vergl. Voyage en Sardaigne **1.** 123 u. 128). Er vermutet dagegen, daß gewisse Kalke im südöstlichen Sardinien in den Hügelketten, welche die Ebene von Aresi (zwischen Gibbas und Pixinas) im Norden begrenzen, der Trias zugehören könnten. Über einen späteren Besuch dieser Lokalität durch einen Geologen ist mir nichts bekannt, so daß diese Frage noch offen ist.

Wir könnten aber nach seinen Angaben auf ein weiteres Triasvorkommnis in Südsardinien schließen. Es ist das der Monte Zari.

Das von Lamarmora gegebene Profil zeigt aufgerichtete Schichten, die er in ihrer Gesamtheit für jurassischen Alters hält. In diese Schichten eingeschaltet fand Lamarmora einen Feuersteinhorizont und den Horizont der *Ostrea obliqua* Lmk. (*O. acuminata* Sow.), auf den wir als tiefsten Horizont des Jura in der Nurra noch zu sprechen kommen werden. Aus analogen Profilen in der Nurra schließe ich, daß wir am Mte. Zari im Liegenden dieser Schicht Trias antreffen müssen. Es wäre sehr lohnend, dieses Profil einmal nachzuprüfen.

Die erste Veröffentlichung über die Trias in Sardinien verdanken wir Bornemann (Sul Trias nella parte meridionale dell' isola di Sardegna. Boll. com. geol. **13.** 1881).

Er hatte Buntsandstein und Muschelkalk an der südlichen Westküste der Insel in der Nähe des Capo Pecora aufgefunden und gibt folgende Schichtenfolge an:

1. Roter Sandstein und Konglomerate.
2. Löcheriger Kalk.
3. Fester grauer Kalk.
4. Fester roter Kalk.
5. Schichten mit *Rhizocorallium.*
6. Schicht mit *Myophoria Goldfussi* (nach Tornquist *M. vestita* Kilian) und anderen Fossilien.

Mit Recht hebt Bornemann hervor, daß diese Ausbildung der Trias sich der Trias in Deutschland anschließe.

Ein zweites Vorkommnis von Trias und zwar im Nord-

Digitized by Google

westen der Insel entdeckt zu haben, ist das Verdienst Lovisato's (Nota sopra il permiano ed il triasico della Nurra in Sardegna. Boll. com. geol. **15**. 1884). Er fand am Mte. S. Giusta in der Nurra Sandsteine und Anagenite überlagert von Kalken mit *Encrinus liliiformis*, *Lima striata*, *Mytilus edduliformis*, *Terebratula vulgaris* und *Trochus Albertinus*. Er ist der Ansicht, daß der Sandstein im Liegenden der Trias dem Perm angehöre und die Kalke des Gipfels bereits jurassisches Alter besäßen. Ein Profil veranschaulicht seine Ansicht. Wir sehen hier den Trochitenkalk von der halben Höhe des Berges im WNW. nach dem Fuße im OSO. durchstreichen. Durch mehrmalige Begehung ist es mir klar geworden, wie der verdiente Geologe Sardiniens zu dieser Auffassung gelangte. An beiden Hängen des Berges treffen wir auf Trochitenkalk und es ist sehr naheliegend, daß der Entdecker beide für gleich hielt. Es unterliegt aber nach den neueren Aufnahmen keinem Zweifel, daß dies zwei verschiedene Horizonte sind und die Hauptmasse des Berges den zwischenliegenden Schichten angehört. Es erklärt dies auch, warum Lovisato folgerichtig die Kalke des Gipfels als diskordant überlagernd einzeichnen müßte. Auf die Deutung des liegenden Sandsteins als Perm werde ich später zurückkommen.

Im Jahre 1888 erschien Zoppi's „Descrizione geologico-mineraria dell' Iglesiente (Sardegna)" (Mem. descrittive della Carta geologica d'Italia. **4**) mit der ersten und bisher einzigen Spezialkarte eines Teiles von Sardinien im Maßstab 1 : 50000. Auf dieser Karte finden sich die Triasvorkommnisse von Capo Pecora dargestellt und Bornemann's Beschreibung wird hier wiederholt.

Außerdem wird aber eine andere hochinteressante Gegend beschrieben, deren Deutung noch immer nicht einwandfrei gelöst ist. Es ist dies der Tafelberg Campomà bei Fontanamare westlich von Iglesias. Zoppi stellt die dortigen Verhältnisse folgendermaßen dar: Über Schiefern der Silurformation lagern schwach geneigt rote Konglomerate mit Komponenten aus paläozoischen Gesteinen. Darüber folgt ein dünnplattiger, in seinen untersten Schichten stellenweise löcheriger roter Kalk, weiter ein grauer und dann ein weißer Kalk mit fraglichen Rhizokorallien.

Digitized by Google

Sandstein und Kalk werden von Zoppi als triadisch gedeutet. Diese Darstellung ist, wie Tornquist nachgewiesen hat, nicht einwandfrei (vergl. p. 440).

Das dritte wichtige Triasvorkommnis südlich von Alghero wird zuerst von de Stefani (Cenni preliminari sui terreni mesozoici della Sardegna. Rend. della R. Accad. dei Lincei. 1891) erwähnt. Er will hier *Halobia Lommeli*, *H. simplex*, *Daonella styriaca* gefunden haben. Ferner spricht er zum ersten Male die bestimmte Meinung aus, daß der rote Sandstein im Gebiete der Nurra, wie dies schon Bornemann für sein Gebiet nachgewiesen hatte, das Äquivalent des deutschen Buntsandsteins sei. Leider ging aber de Stefani in seinen Schlußfolgerungen zu weit. Im östlichen Sardinien, wo Jura transgredierend auftritt, beginnt er in der Regel ebenfalls mit einer Sandsteinablagerung, über der dann Kalke oder Dolomite folgen, und einige von diesen Vorkommnissen wurden von de Stefani als triadischen Alters gedeutet.

Die von ihm angeführten Triasvorkommnisse in Zentral- und Westsardinien sind, wie es scheint und de Stefani später berichtigt hat, alle dem Jura zuzuteilen.

Im gleichen Jahre erschien Lovisato's „Brani sparsi di Geologia Sarda" (Rend. R. Accad. dei Lincei. **7.** 1), worin die Triasvorkommnisse des westlichen Sardinien einer neueren Besprechung unterzogen werden. Lovisato betont hier die Verschiedenheit der Triaskalke am Monte S. Giusta und in der Umgebung des Capo Pecora und beschreibt besonders die Vorkommnisse in der Iglesiente. Für die Sandsteine des Campomà nimmt er permisches Alter an; die diskordant überlagernden Kalke möchte er für triadisch halten. Ferner beschreibt er ein weiteres südlicher gelegenes Vorkommnis des roten Sandsteins bei Guardia Pisano an der Bahn Monteponi—Porto Vesme.

In seiner Publikation „Nuovi lembi mesozoici in Sardegna" (Rend. della R. Accad. dei Lincei. 1896. **5.** 1) glaubt Lovisato den Nachweis erbringen zu können, daß auch im zentralen Sardinien Trias vorhanden sei. Er beschreibt hier genau das Profil, das der tiefe Taleinschnitt der Flumendosa bei Nurri aufschließt. Den tieferen Teil der mesozoischen Serie, welche hier entwickelt ist, teilt er auf Grund von Funden zweifel-

Digitized by Google

hafter Rhizokorallien von Gervillien, Chemnitzien und *Pecten* der Permo-Trias zu. Wir werden auf dieses Profil noch näher einzugehen haben.

Durch die herrschende Meinung irregeleitet beschrieb Tommasi (Nuovi fossili triassici di Sardegna. Boll. Soc. geol. ital. 15. 1896) eine Anzahl von Fossilien von Nurri, welche sicher jurassischen Alters sind, als triadische neue Arten. Schon durch Pampaloni's Arbeit — I terreni carboniferi di Seni ed oolitici della Perdaliana in Sardegna (Rend. della R. Accad. dei Lincei. 1900) — werden diese Irrtümer z. T. richtig gestellt. Er fand in der Schichtenfolge der Umgebung von Seni und Nurri nirgends Trias.

Eine zusammenfassende Darstellung über die sardinische Trias nahm Tornquist in seinem Bericht (Ergebnisse einer Bereisung der Insel Sardinien. Sitz.-Ber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. **35.** 1902) vor. Er gibt eine mit der von Bornemann übereinstimmende Darstellung der Trias von Capo Pecora. Ferner besuchte Tornquist von mir begleitet das von Zoppi beschriebene Campomà westlich Iglesias und gibt eine Darstellung seines Befundes. Zunächst ist sicher, daß die tektonische Darstellung dieses Berges bei Zoppi unrichtig ist. Der Sockel dieses Berges besteht aus steil aufgerichteten violett und braun gefärbten Konglomeraten und weinroten Mergeln. In letzteren fand Tornquist einige Korallen und Bryozoen, welche er für cretaceischen Alters hält und vermutet nun, daß der gesamte Komplex der den Sockel zusammensetzenden Schichten in die Kreideformation zu setzen sei. Ich halte dies aber für sehr unwahrscheinlich, da man nirgends auf der Insel eine Spur von analogen Kreidebildungen findet. Solche mächtig entwickelten roten Konglomerate trifft man ausschließlich im Buntsandstein. Über diesen fraglichen Bildungen folgt diskordant ein tertiärer Kalk. Das Gebiet von Campoma bedarf wohl nochmaliger Untersuchung. Dann weist Tornquist nach, daß an den von de Stefani angegebenen Triasfundpunkten in Zentralsardinien keine Trias vorkommt.

Ferner erhalten wir hier eine Schichtenfolge des Monte Santa Giusta und Paralellisierung derselben mit der Bornemann'schen Schichtenfolge des Gebietes von Capo Pecora. Der germanische Charakter der Trias wird betont. Auf Torn-

Digitized by Google

QUIST's Veröffentlichung erfolgte eine Erwiderung durch LOVISATO (Appunti ad una nota del Sig. TORNQUIST. Rend. del R. ist. Lomb. di sc. e lett. **36**. 1903). Was die Trias anbelangt, so besteht LOVISATO auf seiner früher geäußerten Ansicht betreffs des permischen Alters für den Sandstein der Nurra, auf seinem früheren Profil des Mte. S. Giusta und dem Vorkommen der Trias in Zentralsardinien bei Nurri. Auf diesen letzten Punkt geht DAINELLI in seiner schönen Arbeit „Fossili batoniani della Sardegna" (Boll. della Soc. geol. Ital. **22**. 1903. p. 259 ff.) näher ein und hebt hervor, daß in dem Profile von Nurri die Trias fehle. Aus PAMPALONI's und DAINELLI's Arbeiten geht hervor, daß auch DE STEFANI die früher geäußerte Meinung zurücknimmt.

Die wesentliche Grundlage für unsere Kenntnis der sardinischen Trias bildet TORNQUIST's „Gliederung und Fossilführung der außeralpinen Trias auf Sardinien" (Sitz.-Ber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. **38**. 1904). Was ich als Ergebnisse meiner letzten Reisen hinzufügen kann, sind nur einige Ergänzungen zu den TORNQUIST'schen Resultaten. Hier finden wir eine genaue Beschreibung des Triasvorkommnisses von Alghero[1], wo zum ersten Male eine größere Zahl nodoser Ceratiten[2] gefunden wurde. Auch das Vorkommen alpiner Faunenelemente (z. B. *Protrachyceras langobardicum*) wird hervorgehoben. Ferner wurde der Keuper am Mte. Zirra in der Nurra festgestellt.

In meiner Arbeit „Die Jura- und Kreidebildungen in Nord- und Ostsardinien" (dies. Jahrb. Beil.-Bd. XX. 1905. p. 439) legte ich die Gründe dar, welche mich bestimmen entgegen LOVISATO's und TORNQUIST's Ansicht die Konglomerat- und Sandsteinbildungen der Nurra sämtlich dem Buntsandstein zuzurechnen.

[1] Daß der graue Kalk hart südlich Alghero beim Torre della Sperone nicht Muschelkalk, sondern Dogger mit *Ostrea acuminata* ist, habe ich bereits dies. Jahrb. Beil.-Bd. XX. p. 439 erwähnt.

[2] Bereits 1901 beschrieb TORNQUIST einen *Ceratites* ex aff. *evolutus* PHIL. aus Sardinien (Centralbl. f. Min. etc. 1901). Seine Herkunft vom Mte. S. Giusta ist zwar in hohem Grade wahrscheinlich, aber nicht über jeden Zweifel erhaben. Einen von mir im Jahre 1905 am Mte. S. Giusta gefundenen Ceratiten habe ich Herrn Prof. TORNQUIST zur Bearbeitung überlassen.

Digitized by Google

Die Trias der Nurra und ihre Meeresverbindungen.

Die petrographische Fazies der sardinischen Trias schließt sich, wie aus den Untersuchungen Bornemann's, Lovisato's und Tornquist hervorgeht, aufs engste an die außeralpine Trias Deutschlands, Südfrankreichs, Spaniens und der Balearen an. Auch die Fossilführung weist in der Hauptsache Formen auf, welche aus der außeralpinen Triasprovinz bekannt sind. Dies gilt in erster Linie für individuenreiche Arten, wie *Encrinus liliiformis*, *Terebratula vulgaris*, *Gervillia socialis*, *Lima striata* etc.

Bisher sind folgende Fossilien aus dem Muschelkalk von Sardinien beschrieben worden (s. Tabelle p. 443).

Der außeralpine Charakter dieser Fauna des Muschelkalkes ist sofort in die Augen springend. Es lassen sich aber einige Arten auffinden, welche sonst nur aus Triasablagerungen ozeanischer (alpiner) Fazies bekannt sind. Hierher gehören: *Protrachyceras lanyobardicum*, die von de Stefani gefundenen *Halobia*- und *Daonella*-Arten und nach einer brieflichen Mitteilung von Tornquist ein alpiner *Macrodon*. Ferner ist zu berücksichtigen, daß *Ceratites Münsteri* von Tornquist im Vicentin aufgefunden worden ist.

Wir haben also in den Triasbildungen Ablagerungen von typisch außeralpiner petrographischer Fazies vor uns, mit einer Fauna, die zu einer Hauptmasse außeralpiner Formen einige alpine Arten beigemischt enthält. Das heißt mit anderen Worten: Die Muschelkalkablagerungen entstammen einem Meeresbecken, welches von Deutschland bis Sardinien reichte, und in dem in der Hauptsache überall die gleichen Bedingungen für die Sedimentation und das Leben der Organismen bestand. Dieses Meer besaß aber auch irgendeine Verbindung mit dem alpinen Triasmeere, welche einen Austausch von Lebewesen ermöglichte.

In der Art, wie ich mir diese Verbindung beider Meere vorstelle, weiche ich etwas von den kürzlich geäußerten Ansichten Tornquist's[1] ab. Zunächst kann es als sicher be-

[1] Die carbonische Granitbarre zwischen dem ozeanischen Triasmeer und dem europäischen Triasbinnenmeer. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XX. 1905. p. 466.

Digitized by Google

Alghero [1]	Mt. S. Giusta [3]	C. Pecora [4]
1. Unterer Nodosenhorizont:	Unterer Trochitenkalk:	*Myophoria Goldfussi* (*M. vestita* Kilian nach Tornqu.)
Ceratites ex aff. *Münsteri* Tornqu.	*Encrinus* sp.	*Gervillia subglobosa* Cred.
Gervillia socialis Schlotheim	*Terebratula vulgaris* Schl.	*Panopaea* sp.
Myophoria sp.	*Myophoria* cf. *vestita* Kil.	*Natica pulla* Goldf.
„ cf. *cardissoides* Schloth.	Oberer Trochitenkalk:	*Litorina* sp.
Myoconcha laevis Phil.	*Encrinus liliiformis* Mill.	*Rhizocorallium*
Pseudocorbula Sandbergeri Phil.	*Ceratites* sp.	
Anomia sp.	*? Ceratites* ex aff. *evolutus* Phil.	
Loxonema Schlotheimi Quenst.	*Terebratula vulgaris* Schl.	
Naticopsis sp.	*Lima striata* Desh.	
Dentalium laeve Schlotheim	*Mytilus eduliformis* Schloth.	
Rhizocorallium	*Myophoria* sp.	
2. Oberer Nodosenhorizont:	*Spirifer* sp.	
Ceratites Münsteri Tornquist	*Trochus Albertinus* Goldf.	
Ceratites sp.	*Rhizocorallium*	
Protrachyceras langobardicum Mojs.		
Nautilus bidorsatus Schl.		
Terebratula vulgaris Schl. var.		
Myophoria sp.		
Gervillia socialis Schl.		
Lima striata Schl.		
Myoconcha sp.		
„ *laevis* Phil.		
3. *Halobia Lommeli* [2]		
„ *simplex*		
Daonella styriaca		
Pecten sp.		

[1] Nach Tornquist.
[2] Nach de Stefani.
[3] Mit Benützung von Lovisato's und Tornquist's Angaben.
[4] Nach Bornemann.

Digitized by Google

trachtet werden, daß die Grenzscheide zwischen beiden Meeren in der Gegend der heutigen zentralen Achse der Inseln Sardinien und Corsica zu suchen ist, denn wir treffen westlich dieser Linie an der Westküste Sardiniens die Trias in kontinentaler, östlich davon in der Nordostecke Corsicas in typisch ozeanischer Fazies an. Tornquist nimmt nun an, daß diese Scheide der Triasmeere — die carbonische Granitbarre — homolog sei dem hypothetischen Vindelicischen Gebirge, das am Nordrand der Alpen in der bayrischen Hochebene und dem schweizer Molassegebiet die trennende Scheide zwischen den Triasmeeren gespielt habe. Sucht man nun nach einer Verbindung zwischen beiden Gebieten, dem Vindelicischen Gebirge im Norden und dem corsisch-sardinischen Hochland im Süden, so stellen sich Schwierigkeiten ein. Tornquist schreibt darüber (p. 498): „Weiter südlich in den Westalpen scheint die supponierte triadische Landbarre aber zugleich ihre Bedeutung stark eingebüßt zu haben, denn es tritt weder ein Gebirgsstück hier hervor, welches das Vorhandensein der vindelicischen Barre verriete, noch läßt die Entwicklung der Trias in den Zügen der Westalpen eine von Triassedimenten freie Zone irgendwo erkennen. Es tritt hier vielmehr ein Übergang der Binnenfazies der Trias gegen die ozeanische Entwicklung in der Weise hervor, daß sich in dem Gebiete der subalpinen Zone eine Übergangsfazies beider Ausbildungsweisen einstellt. Mit Philippi[1] erkenne ich in diesen Gebieten einen Übergang aus der deutschen Ausbildungsweise in die alpine. Als den wahren Übergang betrachte ich die Triasentwicklung in der sogen. subalpinen Zone von Gap und Digne und am Südwestrand des kristallinen Massivs des Alpes maritimes."

Es sind also zwei Gründe, welche Tornquist und Philippi zu der Annahme einer Meeresverbindung zur Triaszeit zwischen den beiden Meeren in der Gegend der Westalpen bestimmen:

1. Das Fehlen einer sichtbaren Trennungslinie, wie sie weiter südlich durch das corsisch-sardinische Hochland dargestellt wird.

[1] Lethaea geognostica. 2. (7.) p. 78.

Digitized by Google

2. Ein angeblicher Faziesübergang in diesen Gebieten.

Zu dem zweiten Punkt möchte ich zunächst bemerken, daß die Deutung der Triasausbildung der südlichen Westalpen zwar manche Schwierigkeiten bereitet, daß aber faunistisch ein Faziesübergang bisher nicht nachgewiesen ist. Von einer Faunenvermischung, selbst in dem schwachen Maße, wie wir sie in Sardinien treffen, fehlt bisher im Gebiete der Westalpen und den anschließenden Gebieten der Provence jede Spur.

Was nun den ersten Punkt anbelangt, das Fehlen einer sichtbaren Trennungslinie, so befinden wir uns dort in Gebieten weiter Überschiebungen und es ist deshalb wohl kaum möglich, sich beim jetzigen Stand der Kenntnisse ein Bild von der Oberflächengestaltung zur Triaszeit zu machen. Nehmen wir aber die Überschiebungshypothese für die Bildung des nördlichen Alpenrandes an, so fällt damit naturgemäß die Hypothese eines den Alpen vorgelagerten vindelicischen Gebirges. Die Trennungslinie der Triasmeere kann nach Annahme der Überschiebungstheorie ganz oder z. T. in den heutigen Alpenbogen selbst hineinfallen.

Ich halte es daher für das Wahrscheinlichste, daß die Trennungslinie zwischen den Triasmeeren, sei es als Landbarre oder wie man sie sich sonst vorstellen mag, von Sardinien—Corsica ununterbrochen nach Norden und dann stellenweise dem heutigen Alpenbogen folgend, nach Osten zog, bis sie dann durch die über Oberschlesien ziehende Meeresverbindung unterbrochen wurde[1]. Eine ähnliche Verbindung scheint in der Gegend des südöstlichen Mittelmeeres bestanden zu haben, wie die oceanischen Faunenelemente andeuten, welche in der sardinischen aber auch der kontinentalen Trias der Balearen und Spaniens vorkommen.

Die Verbreitung der Trias in der Nurra.

Meine Untersuchungen in der Nurra haben ergeben, daß die Trias dort viel verbreiteter ist, als man bisher annehmen konnte. Es kann als sicher betrachtet werden, daß sie den Untergrund des gesamten sedimentären Gebietes bildet.

[1] Vergleiche die Karte in Lapparent, Traité de Géologie. 4. Ausgabe. 2. Teil. p. 1019, die sich wesentlich mit meinen Ausführungen deckt; nur wäre die Nordspitze von Corsica vom ozeanischen Triasmeer überflutet zu zeichnen.

Digitized by Google

Wir haben die Trias vom Mte. S. Giusta bereits erwähnt. In dem südöstlich davon gelegenen ziemlich ebenen Gelände ist sie von jungen Sand- und Konglomeratbildungen überdeckt. Im Tale des Rio di S. Osanna trifft man Buntsandstein in einzelnen Aufschlüssen an. Am rechten Ufer dieses Flüßchens fallen allenthalben die Dolomite des mittleren Muschelkalk auf und bilden den Sockel der Kette des Mte. Corredda. Man kann sie vom Pozzo d'Esse am Rio di S. Osanna nach Südwesten im Tale Baddi di Giogli bis zum Südende der Kette verfolgen, welche vom Mte. Corredda nach Süden zieht (Lamarmora bezeichnet diese Kette als Mte. S. Giorgio). Auch die nördliche Umgrenzung der Berggruppe des Mte. Alvaro wird von Muschelkalk gebildet. Bei Ovile Renuzzo fand ich oberen Muschelkalk mit Rhizokorallien. Die Dolomite des mittleren Muschelkalkes konnte ich bis in die Gegend des Nuraghen Mte. de Casi verfolgen, wo sie unter jungen Bildungen verschwinden. Wir sehen also die gesamte Jurakalkmasse des Mte. Alvaro dem Muschelkalke auflagern.

Weiter im Süden kommt die Trias erst wieder zum Vorschein am Mte. Zirra, wo sich am Westhang dieses Berges der Buntsandstein aufgeschlossen findet, bei Cuili Zirra treffen wir den von Tornquist beschriebenen Keuper[1] und an dem Osthang des benachbarten Hügels R. la Coda di lu Soldadu Muschelkalk und Keuper an. Vom Mte. Zirra an läßt sich der Buntsandstein in weiter Erstreckung durch die Ebene nach Westen und Südwesten verfolgen. Er bildet den Untergrund dieser ganzen Ebene und ist nur gelegentlich durch junge Bildungen verdeckt, so durch Dünenbildungen zwischen Porto Ferro und Lago Barazza und nördlich des Porto Conte von einem jungtertiären oder diluvialen Sandstein.

Er ist mächtig entwickelt als Decke über kristallinen Schiefern an der Punta lu Caparoni 444 m (südöstlich Capo dell' Argentiera), von wo ihn Lovisato[2] beschrieben hat.

[1] Aus diesen Schichten überließ mir Tornquist freundlichst eine Hydrozoe und Tabulate zur Bearbeitung, welche ich unter dem Namen *Stromatopora Tornquisti* und *Pseudochaetites Tornquisti* beschrieben habe.

[2] Bolletino del comitato geol. ital. 15. 1884. p. 312. Daß hier tatsächlich Buntsandstein und nicht, wie Lovisato annahm, Perm vorliegt,

Digitized by Google

Er bildet vom Torre Negra bis Cala Viola die Meeresküste. Westlich der letzteren sind starke tektonische Störungen zu beobachten. Es folgen Dolomite, Kalke und Gipse, welche wohl dem Muschelkalk und Keuper angehören und sehr bald die Kalke des Bathonien.

Auch unter die Gruppe des Monte Doglia sieht man die Trias (Buntsandstein und Muschelkalkdolomite) einfallen bei Guardia Grande und Guardiola nordwestlich dieses Berges.

Weiter südlich kommt sie zum letzten Male an der Küste nördlich von Alghero zum Vorschein, von wo sie Tornquist[1] eingehend beschrieben hat. Daß auch der Keuper hier vorliegt, kann als sicher gelten, da bei einer Brunnengrabung im Garten der Casa S. Michele südöstlich Alghero ein Gipshorizont mit schönem Fasergips durchbohrt wurde.

Da meine Beobachtungen in einigen Einzelheiten von der von Tornquist gegebenen Beschreibung des Monte S. Giusta abweichen, gebe ich beifolgend noch einmal ein Profil dieses Berges (vergl. Profil No. 1).

In dem Tälchen Valle Cupa westlich des Monte S. Giusta beobachtet man im Westen aus kristallinen Schiefern bestehende Berge und trifft an der Ostseite des Tales bereits auf Buntsandstein. Die Grenze ist augenscheinlich durch seine Verwerfung hervorgebracht, welcher auch das Tälchen seinen Ursprung verdankt. Steigt man nun von hier zum Monte S. Giusta auf, so beobachtet man bis etwa 50 m über dem Tale Buntsandstein mit einigen Tonlagen nach oben in hellen Sandstein übergehend. Es folgt ein löcherig verwitternder Dolomit, dann dünnplattiger Kalk mit Diploporen und endlich eine graue Kalkbank mit Encrinitenstielgliedern (vielleicht *Dadocrinus gracilis*) und *Terebratula vulgaris* am Rande eines etwas vorspringenden Plateaus (181 m über dem Meere). Dieser gesamte Komplex zeigt ein Fallen nach OSO. Von hier ab ändert sich aber das Fallen. Beim Anstieg zum

---

geht aus der petrographischen Übereinstimmung mit deutschem Buntsandstein und aus der engen Verknüpfung mit den jüngeren Triasgliedern hervor. Als Beweis gegen das permische Alter wäre noch das Fehlen der glimmerreichen Arkosen des Rotliegenden zu erwähnen.

[1] Die Gliederung und Fossilführung der außeralpinen Trias auf Sardinien. Sitz.-Ber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. 38. 1904. p. 1101.

Digitized by Google

Gipfel steigt man auf den WNW. einfallenden Platten hellen Dolomites an, die auch die Hauptmasse des Berges zusammensetzen. Erst gegen die Häuser von S. Giusta absteigend, etwa in dem Sattel zwischen den beiden Gipfeln des Mte. S. Giusta, trifft man auf eine Bank rötlichen Zellenkalkes und grauen Kalk mit Diploporen. Das Fallen hat inzwischen wieder gewechselt und erfolgt nach OSO. Ein wenig oberhalb der Stelle, wo der nach dem Gehöfte hinabführende Weg durch eine Mauer führt, fand ich das Bruchstück eines Ceratiten. Es folgt dann die von Lovisato und Tornquist beschriebene Bank mit *Encrinus liliiformis* etc. und Rhizokorallien.

Die übrigen Aufschlüsse des Muschelkalkes im zentralen Gebiete der Nurra bieten stratigraphischein geringeres Interesse, da sie außer Rhizokorallien keine Fossilien geliefert haben. Der fossilleere Dolomit des mittleren Muschelkalkes ist hier stets mächtig entwickelt und der Horizont des Zellenkalkes stets leicht erkennbar.

Geschichtliches über die Juraformation.

Für unsere Kenntnis über Verbreitung und Fossilführung der Juraformation in Sardinien ist auch heute noch Lamarmora's Schilderung und Karte (Voyage en Sardaigne. **3.** 118—172) und Meneghini's Beschreibung der vom General gesammelten Fossilien (im gleichen Werke **4.** 263) von großer Bedeutung. Wenn auch durch die Arbeiten zahlreicher Geologen unsere Kenntnisse sich im einzelnen stark vermehrt haben, so müssen wir doch, um einen Überblick über die Verbreitung der Ablagerungen zu bekommen, stets auf Lamarmora zurückgreifen.

Nach Lamarmora umfassen die Juraablagerungen Sardiniens die Zonen vom oberen Lias bis zum Hauptoolith. Wir treffen sie an der Westküste im Süden im Mte. Zari als isoliertem Vorkommnis, im Norden in der Nurra und in großer Ausdehnung vom südlichen zentralen Sardinien bis zur Ostküste. Dies kommt den tatsächlichen Verhältnissen sehr nahe. Etwas weniger glücklich ist die Einteilung. Er unterscheidet zunächst Ablagerungen des „Oolithe inférieure" und rechnet hierhin die Ablagerungen des Monte Zari, der Umgebung von Alghero und des Mte. S. Giorgio

Digitized by Google

della Nurra[1]. Diese Ablagerungen zeichnen sich besonders durch eine Austern-Bank aus, nach LAMARMORA *Ostrea obliqua* LMK. (von mir als *O. acuminata* SOW. bestimmt) und gehören dem unteren Bathonien an. Der „Oolithe moyenne" bildet die Kalkberge der Nurra, soweit sie nicht der Kreideformation angehören. Hierher rechnet er den Mte. Doglia, Mte. Gera (= Zirra), Mte. Timidone, Mte. S. Giorgio. Von hier beschreibt er sehr schön das Profil und unterscheidet 1. den Horizont mit *O. obliqua*, 2. mit Zweischalern, *Pecten disciformis* etc., 3. eine Brachiopodenbank mit zahlreichen Terebratel- und Rhynchonellenarten. Ferner gehören hierher der Mte. Alvaro (= Aivaru) und Mte. Elva. Diese Angaben sind in der Hauptsache zutreffend. Er rechnet aber auch alle jene Ablagerungen der Nurra dem Jura zu, welche jetzt als triadischen Alters erkannt sind, so vor allem den Mte. S. Giusta und die Buntsandsteinablagerungen nördlich des Porto Conte. Als „Oolithe supérieure" bezeichnet LAMARMORA sämtliche Jurabildungen Zentral- und Ostsardiniens. Hier lagern die Juraablagerungen über einer basalen Konglomeratschicht in horizontalen Tafeln, die von der Erosion angeschnitten, bizarre Felsgestalten bilden. Es sind Formen, welche entweder Tafelberge mit steilen Abstürzen nach allen Seiten darstellen oder, wenn die Erosion weiter fortgeschritten ist, vielfach an die Gestalten südtiroler Dolomitberge erinnern.

Auf die Schichtenfolge brauche ich nicht näher hier einzugehen, da sie seither Gegenstand von Spezialarbeiten geworden ist. LAMARMORA unterscheidet beispielsweise an der Perdaliana:

1. Quarzkonglomerat und Sandstein.
2. Lignit und Metaxit.
3. Feinkörniger Sandstein.
4. Mergeliger grauer Kalk mit Fossilien, nach oben allmählich in Dolomit übergehend.

[1] Der Mte. S. Giorgio findet sich auf neueren Karten nicht angegeben. Nach meinen Erkundigungen ist der Name im Volksmund ebenfalls unbekannt. Es kann aber nach LAMARMORA's Karte nicht zweifelhaft sein, welcher Berg gemeint ist. Zwischen Mte. Alvaro und dem Tale Baddi S. Giogli zieht sich eine Kette hin, deren höchste Erhebung mir von Eingeborenen als Mte. Reddu bezeichnet wurde. Dies ist LAMARMORA's Mte. S. Giorgio.

Digitized by Google

Die von anderen Fundpunkten angegebenen Schichtenfolgen schließen sich dieser eng an. Daß der Sandstein im Liegenden der Jurakalke gelegentlich Pflanzenreste enthielt, war Lamarmora ebenfalls bekannt und Meneghini[1] bestimmte *Calamites Lehmannianus* Goepp. (mittlerer Jura) von den Toneri bei Tonara.

Aus den Kalken der Perdaliana beschrieb Meneghini eine reiche Molluskenfauna des Dogger und einen Teil dieser Fossilien fand Lamarmora noch an mehreren Stellen in diesen verbreiteten Ablagerungen wieder. Über ihre Verbreitung gibt Lamarmora's Karte Aufschluß und neuere Berichte liegen hierüber nicht vor.

Zum Schlusse seiner Betrachtungen des Jura führt Lamarmora noch zwei Vorkommnisse von mesozoischem Kalk an, über welche er zu keinen sicheren Altersbestimmungen kommen konnte (p. 166—169). Diese liegen bei Nureci westlich Laconi und bei Serrenti im Campidano.

Dieser Kalk zeichnet sich durch Feuersteinknollen und Spongienreste aus. Nun gibt es in Sardinien drei Feuersteinhorizonte. Der eine liegt im oberen Muschelkalk, ein zweiter an der Basis des Bathonien unmittelbar über dem Horizont mit *Ostrea acuminata* Sow. und der dritte im Neocom. Es scheint mir am wahrscheinlichsten, daß der Horizont des Bathonien hier vorliegt.

Wir müssen hier noch einmal die bei der Besprechung der Triasformation erwähnte Arbeit von Tommasi, Nuovi fossili triassici di Sardegna (Bolletino della Società geol. italiana. 15. 1896), anführen, da sich inzwischen herausgestellt hat, daß die hier beschriebene kleine Fauna aus den Kalken von Nurri dem Jura angehört. Es sind dies im wesentlichen Fossilien aus den Pteropernenbänken des Bathonien, welche zum großen Teil mit den von Dainelli von der Perdaliana beschriebenen identisch sein dürften.

Eine gründliche Bearbeitung hat die Fauna des Bathonien Zentralsardiniens durch Dainelli gefunden (Fossili batoniani della Sardegna. Bolletino della Società geol. ital. 22. 1903).

[1] Voyage en Sardaigne. 4. 359.

Digitized by Google

Das Material zu dieser Arbeit entstammt den Aufsammlungen Pampaloni's am Tacco di Seni und der Perdaliana. Wichtig ist zunächst der Nachweis, daß wir hier zwei verschiedene fossilführende Horizonte zu unterscheiden haben und zwar einen Nerineenkalk und darüber einen Kalk mit Pteropernen. Dies stimmt mit der Gliederung der Jurakalke überein, wie ich sie für die Nurra durchgeführt habe und ich will gleich erwähnen, daß auch weiter noch die stratigraphische Übereinstimmung besteht, indem nach meinen Beobachtungen an der Perdaliana über den Pteropernenschichten ein grauer Kalk mit herausgewitterten Zweischalern auftritt, unter denen besonders *Pholadomya Murchisoni* und *Ceromya concentrica* durch ihre Häufigkeit hervortreten. Die Fossilien dieses Horizontes wurden von Dainelli ebenfalls beschrieben, ohne daß er aber diesen besonders ausschied. Durch Dainelli's Arbeit wird das Alter dieser Kalke endgültig als Bathonien festgelegt. Er hebt ganz besonders die Ähnlichkeit dieser sardinischen Fauna mit dem *Mytilus*-Dogger der Alpen hervor.

Von 58 Arten, welche Dainelli beschreibt, sind 9 von Loriol aus dem *Mytilus*-Dogger der Waadtländer Alpen beschrieben worden. Es sind dies folgende Arten:

Lima semicircularis Goldf.
Pteroperna costulata Deslong.
Mytilus laitmairensis de Lor.
Modiola Sowerbyana d'Orb.
— *imbricata* Sow.
Pholadomya texta Agassiz
Homomya laitmairensis de Lor.
Ceromya concentrica Sow.
Thracia lens Sow.

Da auch die petrographische Fazies der Pteropernenbänke an den *Mytilus*-Dogger der Alpen erinnert, ist die Parallele sehr beachtenswert.

Die Pflanzen der im Liegenden dieser Kalke auftretenden Sandsteine wurden von Tornquist (Die Pflanzen des mitteljurassischen Sandsteins Ostsardiniens, dies. Jahrb. Beil.-Bd. XX. 1905) bearbeitet. Die petrographische Ausbildung dieser pflanzenführenden Schichten ist sehr wechselnd. Es sind Konglomerate, helle oder rote Sandsteine und Arkosen, welche bei Laconi, Nurallao, Nurri und Seni dem alten Gebirge transgredierend auflagern und das Liegende des Bathonien bilden. Sie enthalten:

Digitized by Google

Ptilophyllum (Williamsonia) pecten Seward
Otozamites Beani Lind. et Hutt.
Coniopteris cf. *arguta* Lind. et Hutt.

Es ist also wahrscheinlich, daß diese Sandsteinbildungen in das Bajocien zu stellen sind.

Der Jura der Nurra.

Schichtenfolge des Jura in der Nurra.

e.	Fossilleere helle Kalke Sandige Kalksteine	über 200 m	Malm
d.	Hellgraue Kalke mit Steinkernen von *Pholadomya Murchisoni*, *Ceromya concentrica* und anderen Zweischalern	250 m	Bathonien
c.	Graue Mergelkalke mit *Pteroperna Fucinii* und *costulata*		
b.	Bräunliche Kalke mit Nerineen		
	Bräunliche Kalke mit Brachiopoden (*Rhynchonella Pallas* var. *obsoleta*)		
	Gelbe und rötliche Kalke und Oolithe mit *Pecten demissus, gingensis, pumillus*		
	Braune Kalke mit *Pentacrinus*-Gliedern		
a.	Graue kieselige Kalke mit *Ostrea acuminata* Fossilleere graue Kalke mit Feuersteinknollen		

Die Ablagerungen des Jura in der Nurra beginnen mit festen dunkelgrauen Kalken, welche in den unteren Lagen große Knollen von Feuerstein enthalten. Gleich darüber findet man einen Horizont, dessen Schichtflächen mit den verkieselten Schalen der kleinen *Ostrea acuminata* Sow. ganz bedeckt sind. Diesen Kalk beschrieb Lamarmora vom Mte. Zari in Südsardinien von Alghero und dem Mte. S. Giorgio. In der Gruppe des Mte. Doglia und Mte. Zirra habe ich ihn nicht wieder gefunden, obwohl man ihn hier erwarten müßte. Da es sich aber um eine nicht mächtige Bank handelt, kann sie, wenn die Aufschlüsse nicht günstig sind (die betreffenden Stellen sind mit Maccia bedeckt), leicht übersehen werden.

Neben den Ostreen kommen noch Reste anderer Zwei-

Digitized by Google

schaler vor: *Pecten ambiguus* Münst. und *Lima subcardiiformis* Grep.

Meneghini führt aus dieser Schicht folgende Fossilien an:

Ostrea obliqua Lamk.
Lima duplicata Desh.
— cf. *Galathea* d'Orb.
Pecten disciformis Schüt.
Pecten tegularius Menegh.
— *Lacazei* Haim.
Pentacrinus cf. *basaltiformis* Mill.

Hierüber folgt nun eine mächtige Folge bräunlicher und rötlicher häufig oolithischer Kalke, in welchen sich mehrere fossilführende Horizonte unterscheiden lassen. Sie beginnen mit einem spätigen Kalke, der erfüllt ist mit Stielgliedern von *Pentacrinus*.

In ihnen fand ich:

Astrocoenia aff. *Mathei* Koby
Pentacrinus cristagalli Quenst.
Pholadomya Murchisoni Sow.
Belemnites sp.

Diese gehen in gelbe und rötliche in ihrer Hauptmasse oolithische Kalke über mit wohlerhaltenen aber seltenen Fossilien:

Pecten pumilus Lamk.
— *demissus* Münst.
Pecten gingensis Quenst.
Anabacia sp.

Diese Horizonte sind sehr gut aufgeschlossen am Ostabhang des Mte. Timidone am Wege nach dem Capo Caccia, am Mte. Zirra und in der Kette des Mte. Corredda am Westabhang. Der Mte. Elva besteht wesentlich aus diesen Schichten. Es folgen nach oben bräunliche Kalke, die stellenweise mit Brachiopoden erfüllt sind. Sie enthalten:

Rhynchonella concinna d'Orb.
— *Pallas* Chap. et Dew. var.
Mytilus laitmairensis de Lor.
Hinnites abjectus Phill.

Diese Brachiopodenbank trifft man an dem Osthang des Mte. Doglia im Sattel zwischen diesem Berge und dem Mte. Istiddu, in der Ebene südlich des Mte. Zirra, südwestlich des Cuile Badde larga und in der Kette des Mte. Corredda (vergl. Lamarmora, Voyage en Sardaigne. 3. p. 127). Nach oben schließen diese Kalke mit einer nerineenführenden Bank ab. Sie enthält:

Nerinea bathonica Rig. et Sauv.
— *aivaruensis* Menegh.

Digitized by Google

und steht an wenig unterhalb des Gipfels des Mte. Istiddu am Mte. Doglia, bei dem Nuraghen Carradore am Mte. Timidone, in der Kette des Mte. Corredda und in dem Tälchen am Westfuße des Mte. Alvaro. Darüber treffen wir auf eine Bank grauen mergeligen Kalkes, welche gut erhaltene Zweischaler enthält:

Pteroperna costulata Desl.
— *Fucinii* Dainelli
Isocardia Lovisatoi Dainelli.

Nach oben zu werden die mergeligen Kalkbänke wieder fester, nehmen hellgraue oder auch schwach rötliche Färbung an und hier trifft man dann in großer Zahl herausgewitterte Zweischaler meist schlecht erhalten an. Dieser Horizont läßt sich überall leicht auffinden und kommt in gleicher Ausbildung wie in der Nurra auch an der Perdaliana in Zentralsardinien vor.

Die Fossilien sind:

Pholadomya Murchisoni Sow.
Ceromya concentrica Sow.
Homomya Vezelayi Lajoye
Pteroperna costulata Desl.
Pecten lens Sow.
Terebratula cf. *Fleischeri* Opp.

Diese Schicht steht an in der Gruppe des Mte. Doglia auf dem Gipfel des Mte. Istiddu und Mte. Palmavera, am Mte. Timidone beim Nuraghen Carradore.

Es folgt nunmehr ein mächtiger Komplex meist plattiger, zum Teil sandiger heller Kalke, die den Gipfel des Mte. Doglia, des Mte. Timidone und des Mte. Alvaro bilden und vermutlich dem Malm entsprechen.

Den einzigen Fund einer Versteinerung aus dem Malm der Nurra verdanken wir Lovisato (Brani sparsi di Geologia Sarda. p. 169).

Im Nordwesten des Mte. Elva fand er die von Capellini im Tithon der Insel Capri wieder gefundene *Ellipsactinia thyrrhena* Cap.

Vergleicht man die hier gegebene Darstellung des Jura der Nurra mit der von Dainelli gegebenen Beschreibung der Fauna der Perdaliana in Zentralsardinien, so fällt die Ähnlichkeit beider Faunen sofort auf. Dies hatten bereits Fucini und Dainelli hervorgehoben. Es ist daher auch anzunehmen,

Digitized by Google

daß sich in den Juraablagerungen Zentralsardiniens eine ähnliche Gliederung, wie ich sie für die Nurra gegeben habe, wird durchführen lassen. Pampaloni und Dainelli hatten außerdem nachgewiesen, daß zwischen dem Bathonien der Perdaliana und dem *Mytilus*-Dogger der Freiburger Alpen eine bedeutende Ähnlichkeit besteht. Das gleiche gilt nun auch von den gleichalterigen Ablagerungen der Nurra.

Ceromya concentrica, *Mytilus laitmairensis*, *Pteroperna costulata*, *Hinnites abjectus* sind der Nurra mit dem *Mytilus*-Dogger gemeinsam.

Geschichtliches über die Kreideformation.

Unsere Kenntnisse über die Kreideformation basieren noch zum großen Teil auf Lamarmora's Beschreibung. Seine Angaben über die Vorkommnisse von oberer Kreide an der Westküste haben durch spätere Beobachtungen nur bestätigt und ergänzt werden können. Anders steht es mit der Beschreibung der Ostküste. In den hier mächtig entwickelten Kalkablagerungen hatte der General eine beträchtliche Zahl von Fossilien aber meist in ungünstigem Erhaltungszustand angetroffen und diese wurden von Meneghini für cretaceischen Alters angesehen. Zum großen Teil waren es jedoch neue Arten und, wie sich später herausstellte, sind diese Kalke in der Hauptmasse oberjurassischen Alters.

Auf Grund der Verteilung der Kreideformation (wie er sie sich vorstellte) in der Küstenregion im Westen und Osten der Insel, nahm Lamarmora an, daß die zentrale Region bereits zur Kreidezeit Festland gewesen sei, das im Osten und Westen vom Kreidemeere bespült wurde. Mit einigen Abänderungen ist diese Vorstellung nicht unwahrscheinlich. Wir haben gelegentlich der Verbreitung der Trias gesehen, welche Rolle als Meere trennende Scheide die zentrale Region Sardiniens und Corsicas gespielt hat. Während des Doggers ist das südliche zentrale Sardinien sicher vom Meer überflutet gewesen. Von Kreideablagerungen fehlt aber jede Spur. Dies könnte zwar das Werk der Abtragung sein, aber es ist wahrscheinlicher anzunehmen, daß die Kreideformation hier nie zur Ablagerung gelangt ist.

Digitized by Google

Die Hippuritenkreide treffen wir in Westsardinien sowohl im Süden in einem isolierten Vorkommnis auf der vorgelagerten Insel S. Antioco, wie in ziemlicher Verbreitung in der Nurra. Aus LAMARMORA's Beschreibung (p. 174) der ersteren Lokalität scheint hervorzugehen, daß wir dort den ununterbrochenen Übergang aus dem Jura bis in die Kreide mit *Hippurites cornuvaccinum* BRONN. beobachten können, denn er spricht davon, daß sich im Liegenden der Kreide rotviolette fast oolithische Kalke und sandige Kalke fänden, welche allmählich in den hellen Kreidekalk übergehen. Auch einen Feuersteinhorizont beschreibt er aus dieser Gegend von Maladoxa, über dessen Stellung sich nichts Sicheres aussagen läßt.

Im Gebiete der Nurra ist es besonders das auch landschaftlich so herrliche Capo Caccia, welches durch das Vorkommen von Hippuriten, Radioliten und Sphäruliten sein cretaceisches Alter bezeugt. Wir finden bei LAMARMORA eine Beschreibung der schönen und interessanten Tropfsteinhöhlen, welche sich auf der Ost- und Westseite des Kap finden. Im Liegenden kommen auf der Insel Foradada und an der Westseite des Capo Caccia roter Sandstein und Gips zum Vorschein, also wohl Trias. Leider hatte ich keine Gelegenheit diese nur vom Meer aus zugänglichen Stellen zu besuchen. Zur Kreide rechnet ferner LAMARMORA den Mte. Agnese und Mte. Carbia (= Calvia) bei Alghero. Ersterer besteht aber aus oolithischem Kalk (Bathonien), letzterer aus einer Decke von Eruptivgestein. Etwa 3 km nördlich des Mte. Agnese trifft man aber tatsächlich obere Kreide an.

Ferner beschreibt er die Kreidevorkommnisse am Westausgange des Dorfes Olmedo und im Tale des Rio di Porto Torres (Rio Mannu). Mte. Elva, Mte. Alvaro und Mte. Doglia weisen dagegen keine Kreidebildungen auf. Die Angaben über Kreide an der Ostküste können wir hier übergehen, da das, was LAMARMORA unter „Groupe hippuritique oriental" beschreibt, wesentlich dem Tithon angehört. Von Kreidebildungen an der Ostküste ist bisher nur das Neocom westlich von Dorgali einwandfrei nachgewiesen.

Digitized by Google

Die Kreide in der Nurra.

Wir hatten bei der Betrachtung der Juraformation gesehen, daß über den fossilführenden Schichten des Bathonien eine mächtige Serie fossilfreier Kalke folgt, welche wohl den Malm repräsentieren. Ebenso sind die Kalke, welche die Hippuritenkreide unterlagern, durch Armut an Fossilien ausgezeichnet. Ein zusammenhängendes ungestörtes Profil vom Bathonien bis zur Hippuritenkreide ist nirgends vorhanden. Es scheint mir aber das Wahrscheinlichste, daß keine Unterbrechung in der Sedimentation eingetreten ist, sondern daß die zwischenliegenden Teile des oberen Jura und der unteren Kreide durch die Kalke des Gipfels des Mte. Doglia und Timidone sowie die Kalke im Liegenden der Hippuritenkreide dargestellt werden.

Hierfür spricht auch, daß ich auf dem Wege nach dem Capo Caccia bei Pischina salida in einem dem Liegenden der Hippuritenkreide angehörigen grauen, etwas mergeligen Kalke Schalen von Chamiden fand, welche eine sichere Bestimmung nicht zulassen, aber meiner Meinung nach nur den Gattungen *Requienia* oder *Diceras (Apricardia)* angehören können. Ähnliche Reste, aber noch weniger bestimmbar, kommen massenhaft in dem festen weißen Kalke vor, welcher die nördliche Umgrenzung des Porto della Calcina bildet. Vermutlich liegt hier untere Kreide vor.

Die Kalke der Kreide treten im Landschaftsbilde der Nurra deutlich hervor. Blickt man von Alghero gegen Westen, so sieht man die senkrechten Felswände des Capo Caccia sich aus dem Meere erheben, und ähnlich tritt auch die Pta. del Giglio hervor. Es ist das gleiche Bild, wie es an der Ostküste die Steilwände der Tithonkalke darbieten. Meist sind es rein weiße, selten gelbe Kalke mit schwacher Schichtung und Neigung zu karrenartigen Abwaschungsformen. In ihnen ließen sich 2 Horizonte durch Fossilfunde nachweisen.

Hippurites (Orbignya) Requieni Math. und dessen Varietät *resecta* Defr. sind bezeichnend für das obere Turon. Ich fand sie am Mte. Rudeddu (östlich des Porto Conte), am Wege zum nördlichen Leuchtturm des Capo Caccia und am Mte. Las Piccas (nördlich des Mte. Doglia). Geht

Digitized by Google

man auf der großen Straße von Porto Conte gegen das Capo Caccia hinauf, so sieht man in den weißen Kalken rechts des Weges riesige Hippuriten in beträchtlicher Zahl stecken. Das einzige Exemplar, das ich aus dem festen Kalke herauszuschlagen vermochte, bestimmte ich als *Hippurites (Vaccinites) Oppeli* Douv. Die Schicht mit *H. Oppeli* trifft man auch nicht weit von Alghero an. Wo die große Straße von Alghero nach dem Porto Conte den Ausfluß des Stagno di Calich überschreitet, steht zur Linken ein weißer Kalk an, der Radioliten, *Actaeonella gigantea* Sow. und *Hippurites Oppeli*, enthält. Diese Schichten gehören somit dem Unter-Senon an. Mit ihnen gleichalterig dürften auch die Hippuritenkalke von Olmedo und im Tale des Rio Mannu sein.

Ein weiteres Kreidevorkommnis fand ich in der südlichen Nurra beim Nuraghen della Mandra am Rio Filibertu. Gegenüber dieses Nuraghen steht ein gelbbrauner mergeliger Kalk an, in dem ich *Hippurites (Vaccinites) cornuvaccinum* Bronn, Actaeonellen und eine interessante Hydrozoe, *Milleporella sardoa* n. sp., fand. Wir haben es also hier mit mittlerem Senon zu tun, der höchsten Schicht des Mesozoicums, welche bisher in Sardinien nachgewiesen wurde. Diese Schichten mit *Hippurites cornuvaccinum* kommen nach Lovisato's Angaben am Sasso di Perfugas bei Tempio vor (Nuovi lembi mesozoici p. 433).

Malm und untere Kreide an der Ostküste.

Die von Lamarmora gegebene geologische Darstellung der „groupe hippuritique oriental" ist, seit erkannt wurde, daß diese Gebiete von Ablagerungen des Malm eingenommen werden, auf diese Formation zu übertragen. Es lassen sich ihr dann über Verbreitung und Schichtenfolge noch viele wertvolle Angaben entnehmen.

Nach Lamarmora's Karte nehmen diese Sedimente ein Gebiet ein, das sich in breiten Streifen von Baunèi im Süden der Küste entlang bis etwas nördlich von Dorgali erstreckt und zwei hierzu parallele süd—nordstreichende Ketten, die sich zwischen Oliena, durch den Riu Manniu im Norden begrenzt, bis in die Gegend von Ursulèi hinziehen. Weiter nördlich treffen wir sie wieder in dem kleinen isolierten

Digitized by Google

Gebirgsstock des Mte. Tuttavista (805 m) bei Galtelli, der aus der Ebene von Orosèi sich erhebt. Noch weiter nördlich folgt dann die südwest—nordoststreichende Kette des Mte. Alvo zwischen Lula und Siniscola und zum letzten Male treffen wir die gleichen Schichten am Golfo degli Aranci im Capo Figari und den Inseln Figarotto und Tavolara. Ich kann diese Angaben in der Hauptsache nur bestätigen. Nur in der Höhe von Ursulèi scheint mir der der Küste folgende Streif zu weit ins Land hereingezogen. Der „Mare di Ursulèi" genannte See liegt noch in kristallinem Gebiet und in dieser Gegend sind die Juraablagerungen auch weiter nach Osten zu stark abgetragen, so daß der kristalline Untergrund an vielen Stellen zutage tritt.

Den Kalkablagerungen des Malm verdankt die Ostküste ihre landschaftliche Schönheit. Sie bilden die großartigen Wände, welche oft mehrere hundert Meter fast senkrecht zum Meere abfallen, sie bilden die steilen Berge der Umgebung von Oliena, Dorgali und Ursulèi, die zum großen Teil noch herrliche Eichenwälder tragen.

Nach Lamarmora's Beobachtungen gliedern sich diese Ablagerungen in einen Dolomit im Liegenden und einem fossilführenden Kalk im Hangenden. In letzterem beobachtete er in den Bergen von Oliena eine mergelige Bank und darüber einen Kalk mit Feuersteinknollen (p. 201). Diese letzteren entsprechen nach meinen Beobachtungen dem Neocom. Der Dolomit lagert entweder unvermittelt auf dem kristallinen Grundgebirge oder es schiebt sich eine Bank von Sandstein dazwischen (p. 195). Bei Baunèi beobachtete er, daß der Kalk unmittelbar dem kristallinen Gebirge auflagert ohne Vermittelung der Dolomitbank, die hier erst über dem Kalk auftreten soll.

Daß in diesen mächtigen Kalkablagerungen der Ostküste nicht Kreide, sondern in der Hauptsache Tithonbildungen vorliegen, erwähnt de Stefani bereits 1891 (Cenni preliminari).

Die mesozoischen Kalke erstrecken sich übrigens in einzelnen Vorkommnissen wesentlich weiter nach Süden, als Lamarmora annahm. Kalke mit Exogyren wurden von Traverso und Lovisato[1] in der Gegend Is Catonis nördlich der

[1] Nuovi lembi mesozoici in Sardegna.

Digitized by Google

Monti Gennas bei Sarrabus und bei Sant' Andrea Frius bei Donori aufgefunden. Lovisato hält diese Ablagerungen für Cenoman. Sollten sie nicht vielleicht mit den von mir in der Gegend von Dorgali gefundenen Neocomkalken mit *Exogyra Couloni* ident sein?

Nach meinen Beobachtungen läßt sich für das Gebiet der Ostküste Sardiniens folgende Schichtenfolge aufstellen:

6. Helle Kalke mit Kieselknollen } Neocom.
5. Grauer mergeliger Kalk mit *Exogyra Couloni* }
4. Weiße Kalke des Tithon mit Nerineen.
3. Plattige Malmkalke.
2. Dolomit.
1. Sandstein.

Der Sandstein im Liegenden ist nur an wenigen Stellen aufgeschlossen, was teils auf seiner beschränkten Verbreitung beruht, teils darauf, daß er durch den Schutt des überlagernden Dolomits verdeckt ist. Lamarmora erwähnt ihn von der Capelle Santa Lucia an der Straße von Baunèi nach Urzulèi, ich fand ihn wieder am Westhang des Mte. Alvo an der Straße Lula—Siniscola.

Es ist eine wenige Meter mächtige Bank lockeren braunen oder rötlichen Sandsteins, in dem ich am letzterwähnten Punkte einen Pycnodontenzahn und kleine Ostreen fand. Da diese Fossilien für eine Zeitbestimmung nicht brauchbar sind, bleibt die Frage offen, wann die Transgression des Jurameeres hier stattfand. Berücksichtigt man aber die Lagerungsverhältnisse im allgemeinen, so kommt man zu dem Schluß, daß sie im mittleren oder oberen Malm stattgefunden haben kann. Über diesem Sandstein oder wo er fehlt, tritt als tiefstes Glied der Schichtenfolge grauer Dolomit auf. Seine Mächtigkeit kann bis zu 300 m steigen, ist aber meist geringer und zwar scheint seine Ausbildung im umgekehrten Verhältnis zur Ausbildung der plattigen Malmkalke zu stehen.

Es liegt also vermutlich das gleiche Verhältnis vor wie in Süddeutschland, wo die ungeschichteten Kalke und Dolomite lokal die plattigen Kalke vertreten können. Diese plattigen Kalke sind wohl ausgebildet bei Baunèi, wo ihre oberen Lagen technisch verwendtbare lithographische Schiefer enthalten. Ihr Liegendes bildet hier wenig mächtiger Dolomit.

Digitized by Google

Wir finden sie wieder in der Umgebung von Dorgali. Dagegen scheinen sie weiter nach Norden gänzlich zu fehlen, So am Mte. Alvo, wo die Dolomite mächtig entwickelt sind. am Capo Figari und der Insel Tavolara. Abgesehen von dem Funde eines nicht näher bestimmbaren *Pecten* vom Mte. Tolui, haben diese Kalke keine Versteinerungen ergeben. Über ihnen folgen wieder fast ungebankte weiße Kalke, die nun durch Fossilien eine sichere Altersbestimmung zulassen.

Die Tithonkalke sind im allgemeinen nicht reich an Fossilien, und nur in seltenen Fällen gelingt es, diese aus dem Gestein herauszupräparieren. Am häufigsten sind noch Nerineen, bei welchen man sich allerdings auch meist nur mit Durchschnitten begnügen muß. Um so wertvoller war es mir daher, in der Nähe von Dorgali am Südfuße des Mte. Bonacòa in einem oolithischen weißen Kalke Fossilien mit wohlerhaltener Skulptur anzutreffen. Es sind dies:

Petersia Lamarmorae n. sp.
Chemnitzia aff. *Castor* Zitt.
Cerithium Suessi Gemm.
Ptygmatis carpatica Zeuschn.
Nerinea pseudospeciosa Lor.
— *dorgalensis* n. sp.
Itieria Moreana d'Orb.
— *Cabanetiana* d'Orb.
— *Clymene* d'Orb.
Cryptoplocus pyramidalis Münst.
Diceras sp.

Sonst gelingt es selten, mehr als die Durchschnitte von Fossilien in dem festen weißen Kalke zu erhalten. Die reichste Fauna ergab noch die Umgebung von Baunèi, und zwar waren die besten Fundpunkte 1 km nordwestlich dieser Ortschaft am Wege zu der Punta Giunirca und am Gipfel dieses Berges. Es wurden hier gefunden:

Belemnites cf. *semisulcatus* Münst.
Ptygmatis carpatica Zeuschn.
Cryptoplocus pyramidalis Münst.
Nerinea cf. *Pillae* Gemm.
— *gymnocheila* Menegh.
Solanocrinus sp.
Monotrypa Ichnusae n. sp.
— *multitabulata* n. sp. [1]
— *limitata* n. sp.

Hierzu kommen noch die am Mte. Alvo und der Insel Tavolara gefundenen Arten:

Nerinea quinqueplicata Gemm.
— *Loryana* Gemm.
Itieria Stascycii Zeuschn.

[1] Diese Art kommt auch im Tithon der Insel Capri vor.

Digitized by Google

Somit haben die Tithonbildungen Sardiniens im ganzen 16 sichergestellte Arten ergeben, von denen 11 in Tithonablagerungen anderer Gegenden vorkommen. Von diesen sind 10 im Tithon Siziliens und der Insel Capri nachgewiesen, woraus hervorgeht, daß diese mit denen Sardiniens aufs engste verbunden sind. Daß die Zahl der neuen Arten relativ groß ist, erklärt sich daraus, daß sich 3 Arten von Tabulaten darunter befinden, die wahrscheinlich auch anderwärts vorkommen (eine Art ließ sich mit Stücken von Capri identifizieren), denen aber bisher wenig Beachtung geschenkt wurde.

Durch Fossilfunde sichergestellte Kreidebildungen habe ich nur in der Kette des Mte. Omène westlich von Dorgali aufgefunden. Hier lagern über den ungeschichteten Tithonkalken graue, gebankte, mergelige Kalke die in der Regione Costas d'Ossu und Bacu de Bobboi stellenweise massenhaft *Exogyra Couloni* und *Rhynchonella parvirostris* enthalten. Andere Fossilien sind weniger häufig. Im ganzen konnte ich bestimmen:

Hoplites leopoldinus d'Orb.
Nautilus pseudoelegans d'Orb.
Exogyra Couloni Defr.
Waldheimia pseudojurensis Leym.
Terebratula Moutoniana d'Orb.
Pecten cf. *crassitesta* Roem.
Rhynchonella parvirostris Sow.

Über diesen fossilführenden Neocomkalken folgen wieder helle meist ungeschichtete Kalke, die einen Horizont mit Feuersteinknollen enthalten, bisher aber keine Fossilien ergeben haben.

Paläontologischer Anhang.

Bathonien.

Nerinea aivaruensis Meneghini.

Taf. XV Fig. 1.

1857. Meneghini. Voyage en Sardaigne. 4. 289. Taf. E. Abt. 5.

Die turmförmige Schale besitzt vertiefte Nähte und schwach konkave Umgänge. Sehr auffallend ist die Faltenbildung dieser Art. Die Spindel trägt drei kleine scharfe Falten, eine große zweispitzige steht auf der Innenlippe, eine kleine obere und eine große T-förmige untere Falte auf der Außenlippe. Die Spindel ist nicht durchbohrt. In der Falten-

Digitized by Google

bildung gleicht unserer Art *Nerinea Elea* d'Orbigny[1] = *N. erronea* Zittel[2] aus dem Portlandien, unterscheidet sich aber durch wesentlich größeren Gewindewinkel. Durch Übereinstimmung der äußeren Form und ähnliche Falten nähert sich auch die von Credner[3] unter dem Namen *N. Mandelslohe* Bronn. = *N. Credneri* Zittel[4] beschriebene Art. Sie besitzt aber nur zwei Spindelfalten und ist genabelt.

Meneghini beschrieb *N. aivaruensis* aus den Nerineenbänken des Mte. Alvaro. Ich fand sie auf der Höhe des westlich dieses Berges hinziehenden Kammes (Lamarmora's Mte. S. Giorgio).

Rhynchonella Pallas Chap. et Dew. var.

Taf. XV Fig. 2.

1851. Chapuis et Dewalque, Terr. second. du Luxembourg.
1882. Haas u. Petri, Brachiopoden der Juraformation Elsaß-Lothringens. p. 210. Taf. V Fig. 11—12, Taf. VII Fig. 5.

Die in dem Bathonien der Nurra häufige große Rhynchonelle unterscheidet sich von der echten *Rh. Pallas* durch wesentlich geringere Breite der Schale.

Das Verhältnis von Länge : Breite : Dicke ist 30 : 24 : 22.

Vorkommen: Rhynchonellenbank des Monte Doglia und Mte. Pedrosu.

Fossilien des Tithon.

Petersia Lamarmorae n. sp.

Taf. XV Fig. 9.

Die niedrig kreiselförmige Schale besteht aus vier treppenförmigen Umgängen. Diese tragen senkrecht verlaufende breite Wülste, welche von vier kräftigen Längsstreifen geschnitten werden. Auch die Basis trägt Streifen. Die Mündung ist verengt, fast dreieckig und zeigt auf der Spindel zwei starke Falten. Die Innenlippe ist nur wenig aufgetragen und läßt eine schwache Falte erkennen. Die Außenlippe ist verdickt und scheint zum mindesten einen kleinen Zahn getragen zu haben. Ein eigentlicher Kanal ist nicht vorhanden.

[1] Terr. Jur. 2. 157. Taf. 285 Fig. 1—2.
[2] Stramberger Schichten. p. 235.
[3] Juraformation. Taf. V Fig. 14.
[4] Stramberger Schichten. p. 235.

Digitized by Google

Gestalt und Mündung beweisen für diese Art die Zugehörigkeit zur Gattung *Petersia* Gemm. (Stud. pal. p. 88). Sie schließt sich durch den Mangel eines nach außen mündenden Kanals an *P. granulosa* Gemm. (l. c. p. 89. Taf. 15 Fig. 13—15) an. In der Gestalt und Verzierung steht ihr *P. costata* Gemm. (l. c. p. 90. Taf. 15 Fig. 18 u. 19) am nächsten.

Vorkommen: Mte. Bonacòa (Tithon).

Cerithium Suessi Gemm.

1869. Gemmellaro, Stud. pal. p. 45. Taf. 8 Fig. 1—2.

Vier Anfangswindungen eines kleinen *Cerithium* zeigen den 5eckigen Querschnitt und die Längsstreifung von *C. Suessi* Gemm. Auch die Spindelfalte läßt sich nachweisen. Das Gewinde ist etwas stumpfer, wie Gemmellaro angibt, was sich aber durch die puppenförmige Gestalt dieser Art erklärt.

Vorkommen: Mte. Bonacòa (Tithon).

Chemnitzia aff. *Castor* Zitt.

Taf. XV Fig. 8.

1871. *Chemnitzia Castor* Zitt., Stramberger Schichten. p. 285. Taf. 45 Fig. 18, 19.

Ein gut erhaltenes Bruchstück stimmt mit *Ch. Castor* im Gewindewinkel und der Höhe der Umgänge überein. Es unterscheidet sich etwas von ihr durch ein geringes Vorspringen der Umgänge unter der Naht, wodurch es sich der nahe verwandten *Ch. Pollux* d'Orb. nähert.

Vorkommen: Mte. Bonacòa (Tithon).

Nerinea dorgalensis n. sp.

Taf. XV Fig. 6 a—c.

Diese reichskulptierte Art schließt sich ziemlich eng an die Arten des Formenkreises der *N. Hoheneggeri* an, mit der sie auch in den Falten — zwei innere und eine äußere — übereinstimmt. Die Schale ist sehr schlank. Die Umgänge zeigen ein Verhältnis von Breite zur Höhe wie 10 : 8. Sie sind in der Mitte etwas eingesenkt und werden oben durch einen vorspringenden Wulst mit 11 Knoten, unten durch eine

Digitized by Google

schwächer vorspringende Reihe von 23 Knoten auf dem Umgang begrenzt. Der mittlere Teil der Umgänge trägt drei zierliche Knotenreihen und bei dem abgebildeten Exemplar zwischen der oberen und mittleren von diesen noch eine scharfe Linie.

Vorkommen: Mte. Bonacòa (Tithon).

Nerinea quinqueplicata Gemm.

1868. Gemmellaro, Stud. pal. p. 13. Taf. IIbis Fig. 8—10.

Die Exemplare von Sardinien stimmen mit Gemmellaro's Abbildung überein (die Beschreibung weicht von der Abbildung dadurch ab, daß dort nur vier Falten angegeben werden).

Vorkommen: Monte Alvo (Punta Catirina), Tithon.

Itieria Stascycii Zeuschner.

1849. Zeuschner, Nerineenk. von Inwald. Haid. Abh. 3. 139. Taf. 17 Fig. 16—19.
1868. Gemmellaro, Stud. pal. p. 16. Taf. 3 Fig. 8—10.
1873. Zittel, Stramberger Schichten. p. 223. Taf. 40 Fig. 19—27.

Vorkommen: Monte Alvo (Pta. Catirina), Tithon.

Itieria Clymene d'Orb.

1850. *Nerinea Clymene* d'Orb., Pal. Fr. t. Jur. p. 102. Taf. 259 Fig. 1, 2.
1857. *Nerinea Lamarmorae* Mgh., Pal. île Sard. p. 300. Taf. F Fig. 5.
1859. *Nerinea Clymene* Thurm., Leth. brunt. p. 107. Taf. 8 Fig. 55.
1865. *Nerinea Lamarmorae* Gemm., Nerinee della ciaca. p. 19. Taf. IV Fig. 8—10.
1868. *Nerinea Clymene* Gemm., Stud. p. 21. Taf. IV Fig. 3—5.

Diese Art schließt sich in den Falten eng an *I. Moreana* an. Unsere Exemplare sind größer und weniger schlank als das von d'Orbigny abgebildete und scheinen sich mehr an die von Gemmellaro abgebildeten anzuschließen. Oberfläche nicht erhalten.

Vorkommen: Mte. Tuttavista und Mte. Bonacòa (Tithon).

Itieria Moreana d'Orb.

Taf. XV Fig. 4a—b.

1850. *Nerinea Moreana* d'Orb., Terr. jur. 2. 100. Taf. 257 Fig. 1.
1850. *Nerinea macrostoma* Gemm., Nerinee della ciaca. Taf. II Fig. 6, 7.
1869. *Nerinea Moreana* Gemm., Stud. pal. p. 22. Taf. III Fig. 6, 7, Taf. IV Fig. 6.
1873. *Nerinea Moreana* Zitt., Stramberger Schichten. p. 220.

Digitized by Google

Das abgebildete kleine Exemplar zeigt die Oberflächenskulptur, bestehend aus einer Reihe randlicher Knoten, welche schief nach unten mit der Anwachsstreifung verlaufen. Die Gestalt der Schale schließt sich an GEMMELLARO's Abbildung Taf. IV Fig. 6 an. Sie ist schlank pupoid und steht somit zwischen den Abbildungen von D'ORBIGNY und GEMMELLARO (Taf. III Fig. 6, 7) in der Mitte.

Vorkommen: Mte. Bonacòa (Tithon).

Itieria Cabanetiana D'ORB.

1841. *Actaeon Cabanetianum* D'ORB., Revue géol. p. 318.
1842. *Itieria Cabaneti* MATH., Bull. soc. géol. France. 13. 493.
1850. *Nerinea Cabanetiana* D'ORB., Terr. jur. 2. 99. Taf. 255 Fig. 5, Taf. 256.
1869. *Itieria Cabaneti* GEMM., Studii paleont. p. 9. Taf. II bis Fig. 1—3.
1871. ZITTEL, Stramberger Schichten. p. 221.

Vorkommen: Mte. Bonacòa (Tithon).

Cryptoplocus pyramidalis MÜNST. var.?

Taf. XV Fig. 7.

1844. *Nerinea pyramidalis* MÜNST. in GOLDF. Petref. Germ. 3. 43. Taf. 176 Fig. 11.
1855. *Nerinea pyramidalis* PETERS, Die Nerineen des oberen Jura in Österreich. p. 28. Taf. IV Fig. 1—3.
1857. *Trochalia lunensis* MENEGH., Voyage en Sardaigne. 4. 383. Taf. F Fig. 6.
1869. *Cryptoplocus pyramidalis* GEMM., Stud. pal. p. 40. Taf. VI Fig. 12—14, Taf. VII Fig. 1—3.
1905. *Cryptoplocus pyramidalis* DENINGER, Jura und Kreide Sardiniens. p. 443.

Eines der häufigsten Fossilien im Tithon Sardiniens ist eine *Cryptoplocus*-Art, welche MENEGHINI unter dem Namen *Trochalia lunensis* beschrieb. Sie steht in allen Eigenschaften der MÜNSTER'schen Art sehr nahe und zwar besonders den von GEMMELLARO abgebildeten Exemplaren aus Sizilien, zeigt aber dabei ziemlich beständig geringe Abweichungen. Es ist dies das Verhältnis von Höhe zur Breite der Umgänge, das bei allen größeren sardinischen Stücken zwischen 30—33:100 liegt und bei einem Jugendexemplar auf 40:100 steigt, während GEMMELLARO 28—30:100 für dieses Verhältnis angibt. Die Umgänge sind flach oder nur schwach konkav.

Digitized by Google

Vorkommen: Mte. Bonacòa, Val Doloverre (Kette des Mte. Omène bei Dòrgali), zwischen Baunèi und der Punta Ginnircu. Nach MENEGHINI bei Cala di Luna.

Nerinea pseudospeciosa LORIOL.

Taf. XV Fig. 3 a—b.

1850. *Nerinea speciosa* D'ORB. (non VOLTZ), Terr. jur. 2. 123. Taf. 269 Fig. 1—2.
1871. *Nerinea pseudospeciosa* LOR., Dép. Haute-Marne. p. 89. Taf. 6 Fig. 7.
1873. *Nerinea pseudospeciosa* ZITT., Stramberger Schichten. p. 244.

Für diese Art bezeichnend sind undurchbohrte Spindel, zwei innere und eine äußere Falte, stark konkave Umgänge mit einer stark hervortretenden unteren und weniger stark hervortretenden oberen Kante, welche eine schwache Andeutung von Knotung zeigen. Auf den Umgängen zeigen sich weitere mehr oder weniger deutliche Leisten. Das abgebildete Jugendexemplar zeigt deren zwei sehr schön ausgebildet mit langgezogenen Knoten.

Vorkommen: Monte Bonacòa (Tithon).

Nerinea gymnocheila MENEGH.

Taf. XV Fig. 5.

1857. MENEGHINI, Voyage en Sardaigne. p. 382. Taf. F Fig. 7.
1905. DENINGER, Jura und Kreide Sardiniens. p. 443.

MENEGHINI schlägt den Namen *Nerinea gymnocheila* für eine kleine Nerineenform vor, die er von Cala di Luna erhalten hatte. Sie zeichnet sich durch niedere Spindel und stark umfassende Umgänge aus, die von allen Tithonformen durch die Anordnung der Falten abweichen. Auf dem Spindelteil befinden sich nämlich zwei größere und zwischen ihnen eine kleinere Falte, während die Außenlippe keine Falten trägt.

Eine gleiche Anordnung der Falten zeigt nur noch die cenomane *N. Banga* D'ORB. (Terr. crét. 2. 91. Taf. 162 Fig. 1 u. 2), die aber sonst durch ihre schlanke Gestalt völlig verschieden ist.

Vorkommen: Baunèi, nach MENEGHINI bei Cala di Luna.

Digitized by Google

Fossilien des Neocom.

Hoplites Leopoldinus d'Orb.

1840. d'Orbigny, Terr. crét. 1. 104. Taf. 22 u. 23.

Es wurden von mir 4 Exemplare gesammelt, welche in ihrer Erhaltung zwar viel zu wünschen übrig lassen, über deren Zugehörigkeit zu dieser Art aber kein Zweifel bestehen kann.

Vorkommen: Südlich Costas d'Ossu (Kette des Mte. Omène bei Dorgali) Neocom.

Nautilus pseudoelegans d'Orb.

1840. d'Orbigny, Terr. crét. 1. 270. Taf. 8—9.

Vorkommen: Südlich Costas d'Ossu (Neocom).

Exogyra Couloni Defr.

1821. *Gryphaea Couloni* Defr., Dict. des sciences nat. 19. 534.
1846. *Ostrea Couloni* d'Orb., Terr. crét. 3. 698. Taf. 466, 467 Fig. 1—3.
1852. *Ostrea Couloni* Vern. et Collomb., Bull. soc. géol. France. 10. 102.
1854. *Ostrea Couloni* Bayle et Ville, Bull. soc. géol. France. 11. 502.
1871. *Ostrea Couloni* Pictet et Campiche, St. Croix. p. 287. Taf. 187, 188, 192 Fig. 1.

Vorkommen: Costas d'Ossu und Bacu de Bobboi (Kette des Mte. Omène), Neocom.

Waldheimia pseudojurensis Leym.

1842. *Terebratula pseudojurensis* Leym., Mém. Soc. géol. France. 5. 12 u. 30. Taf. 15 Fig. 5—6.
1847. *Terebratula pseudojurensis* d'Orb., Terr. crét. 4. 74. Taf. 505 Fig. 11—16.
1854. *Terebratula pseudojurensis* Bayle et Ville, Bull. soc. géol. France. 11. 502.
1871. *Waldheimia pseudojurensis* Pictet et Campiche, Terr. crét. St. Croix. p. 93. Taf. 203 Fig. 11—15.
1882. *Waldheimia pseudojurensis* Davidson, British foss. brachiopoda. 4. 48. Taf. VII Fig. 10—14.

Diese Art wird von verschiedenen Autoren als ziemlich variabel beschrieben (vergl. die Abbildungen von d'Orbigny, Pictet und Davidson). Die große Mehrzahl der sardinischen Stücke schließt sich Formen wie Abbildung 11 und 12 bei

Digitized by Google

Pictet an. Es finden sich aber durch vermittelnde Formen verbunden sehr kurze breite Exemplare. Bei ihnen ist besonders der Stirnrand verbreitert und eine ziemlich tiefe und breite Bucht in demselben gibt ihnen ein *Pygope*-artiges Aussehen.

Vorkommen: Südlich Costas d'Ossu (Neocom), sehr häufig.

Terebratula Moutoniana d'Orb.

1847. d'Orbigny, Terr. crét. 4. 89. Taf. 510 Fig. 1—5.
1871. Pictet et Campiche, St. Croix. p. 86. Taf. 203 Fig. 1—3.

Vorkommen: Südlich Costas d'Ossu (Neocom).

Pecten cf. *crassitesta* Roem.

1839. Roemer, Versteinerungen des norddeutschen Oolithgebirges. Nachtrag. p. 27.
1843. d'Orbigny, Terr. crét. p. 584. Taf. 430 Fig. 1—3.
1871. Pictet et Campiche, St. Croix. p. 212.

Vorkommen: Südlich Costas d'Ossu (Neocom).

Rhynchonella parvirostris Sow.

1836. *Terebratula parvirostris* Sow. bei Fitton, Transact. geol. Soc. (2.) 4. Taf. 14 Fig. 13.
1871. *Rhynchonella parvirostris* Pict. et Camp., St. Croix. p. 33. Taf. 198 Fig. 7—8.

Unsere Stücke stehen am nächsten der Abbildung bei Pictet Taf. 198 Fig. 8. Sie sind meist stark aufgebläht und tragen in der Regel 18 Rippen, während Pictet deren 20—30 angibt.

Diese Art ist das häufigste Fossil im Neocom der Umgebung von Dorgali. Ich fand sie an dem Pfad, welcher von N. S. del Buon Cammino zum Ovile Sinicolai hinaufführt, mit *Exogyra Couloni* zusammen im Bacu de Bobboi und südlich Costas d'Ossu.

Digitized by Google

Tabelle der mesozoischen Formationen auf Sardinien.

	Westküste	Südliches Zentralsardinien	Ostküste
Unterer u. mittl. Buntsandstein	Rote Sandsteine und Konglomerate		
Oberer Buntsandstein	Rote und helle Sandsteine mit roten Lettenbänken Dolomit und Gips		
Unterer Muschelkalk	Dolomite Dünnplattige Kalke mit Diploporen Unt. Trochitenkalk		
Mittlerer Muschelkalk	Dolomitische Mergel Zellenkalk		
Oberer Muschelkalk	Ober. Trochitenkalk Unterer } *Nodosus*- Oberer } Horizont		
Keuper	Steinmergelartiger dolomit. Mergel Gips		
Lias u. unterer Dogger	Fehlt		
Bajocien		Sandstein mit Pflanzenresten	
Bathonien	Kieselige Kalke mit *Ostrea acuminata* Kalke mit *Pentacrinus* Kalke u. Oolithe mit *Pect. pumilus* etc. *Rhynchonella concinna* u. Nerineen Graue Mergelkalke mit *Pteroperna costulata* Graue Kalke mit *Phol. Murchisoni*	? Kalke mit Nerineen Graue Mergelkalke mit *Pter. costulata* Graue Kalke mit *Ph. Murchisoni* Dolomit	
Malm: ?	Sandige Kalke Helle Kalke	?	Sandstein (lokal) Dolomite und plattige Kalke (lithograph. Schiefer)
Malm: Tithon			Weiße Kalke mit Tithonfoss. (Nerineen)
Untere Kreide: ?	Kalke mit *Diceras*, *Requienia?*		
Untere Kreide: Neocom			Kalke mit *Exogyra Couloni*, *Hoplites Leopoldinus* Weiße Kalke mit Feuersteinknollen
Oberes Turon	Weiße Kalke mit *Hippur. Requieni*		
Unteres Senon	Weiße und graue Kalke m. *H. Oppeli*		?
Oberes Senon	Weiße Kalke mit *H. cornuvaccinum*		

Digitized by Google

Literaturverzeichnis.

1894. Boehm, G.: Schini- und Calloneghe-Fauna. Palaeontographica. **41**.

1881. Bornemann: Sul Trias nella parte meridionale dell' Isola di Sardegna. Boll. com. geol. d'Italia. **12**.

1893. Canavari: Idrozoi titoniani della regione mediterranea. Mem. com. geol. d'Italia. **4**. 2.

1862. Coquand: Provinzia Constantine.

1884—85. Cossmann: Contribution à l'étude de la faune de l'étage Bathonien en France. Mém. soc. géol. France. (3.) **3**.

1898—99. — Études sur les gastropodes des terrains jurassiques. Ibid. (3.) **8**.

1899—1900. — Note sur les gastropodes du gisement bathonien de Saint Gaultier. Seconde note sur les mollusques du Bathonien de Saint Gaultier. Ibid. (3.) **27** u. **28**. 2.

1903. Dainelli: Fossili batoniani della Sardegna. Boll. soc. geol. italiana. **22**. Fasc. 2.

1851—82. Davidson: A monograph of the britith fossil brachiopoda.

1905. Deninger: Die Jura- und Kreidebildungen in Nord- und Ostsardinien. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XX.

1906. — Einige neue Tabulaten und Hydrozoen aus mesozoischen Ablagerungen. Ibid. 1906. I.

1900. Ficheur: Le crétacique inf. dans le massif des Matmata (Alger). Bull. soc. géol. France. (3.) **28**. 2.

1903. Frech und Philippi: Lethaea geognostica. II. Teil. 1. Heft. Trias.

1894. Fucini: Notizie paleontologiche sulla oolite della Sardegna. Atti della soc. Tosc. di Scienza nat. **9**.

1899. — Sopra alcuni fossili oolitici del monte Timilone in Sardegna. Boll. della soc. malac. italiana. **20**.

1865. Gemmellaro: Nerinee della ciaca dei dintorni di Palermo. Giornale di scienze nat. ed econ. **1**.

1868—76. — Studi paleontologici sulla fauna del calcare a *Terebratula janitor*.

1899. Greco: Sulla presenza del Dogger inferiore al Monte Foraporta presso Lagonegro (Basilicata). Boll. soc. geol. italiana. **18**.

1882. Haas und Petri: Die Brachiopoden der Juraformation von Elsaß-Lothringen. Abh. z. geol. Spez.-Karte v. Els.-Lothr. **2**. Heft 2.

1865. Haime: Notice sur la géologie de l'île de Majorque. Bull. soc. géol. France. (2.) **12**.

1895. Kilian: Montagne de Lure et environ de Sisteron. Ibid. (3.) **23**.

1906. Lapparent: Traité de géologie. 5. Aufl.

1841—42. Leymerie: Sur les terr. crét. du Dép. de l'Aube. Mém. soc. géol. France. **4** u. **5**.

1884. Lovisato: Nota sopra il permiano ed il triassico della Nurra in Sardegna. Boll. com. geol. italiana. (2.) **15**. 5.

1891. — Brani sparsi di geologia sarda. Rend. della r. accad. dei Lincei. **7**.

Digitized by Google

1896. Lovisato: Nuovi lembi mesozoici in Sardegna. Ibid. **5**.
1903. — Appunti ad una nota del sig. dott. Tornquist sulla geologia della Sardegna. Rend. del r. ist. Lomb. d. scienza e lett. (2.) **36**.
1883. Loriol: Couche à *Mytilus* des Alpes vaudoises. Abh. d. schweiz. pal. Ges. **10**.
? Loriol, Royer et Tombeck: Monographie pal. et géol. des étages sup. de la form. jur. du dép. Haute-Marne. Mém. Soc. Lin. de Normandie. **16**.
1857. de Lamarmora: Voyage en Sardaigne. **3** u. **4**.
1857. Meneghini: Paléontologie de l'île de Sardaigne in Lamarmora, Voyage en Sardaigne. **4**.
1854. Morris and Lycett: A monograph of the mollusca from the great oolite.
1899. Nelli: Fossili titonici del Monte Judica nella prov. di Catania. Boll. soc. geol. italiana. **18**.
1856—58. Oppel: Die Juraformation Englands, Frankreichs und des südwestlichen Deutschland.
1842—51. d'Orbigny: Paléontologie française.
1900. Pampaloni: I terreni carboniferi di Seni ed oolitici della Perdaliana. Rend. r. accad. dei Lincei. (5.) **9**. Fasc. **11**.
1897. Parona: Descrizione di alcune Ammoniti del Neocomiano veneto. Paleontografica Italica. **3**.
1903. — Trattato di geologia con speziale riguardo alla geologia d'Italia.
1893. Peron et Thomas: Invertébrés fossiles des terrains crétacés de la Tunisie.
1854—58. Pictet et Renevier: Description des fossiles du terrain aptien de la Perte du Rhône et des environs de St. Croix. Mat. pour la Paléont. Suisse.
1869—71. Pictet et Campiche: Description des fossiles du terrain crétacé des environs de St. Croix. Ibid.
1878. Pirona: Sulla fauna fossile giurese del Monte Cavallo in Friuli. Mem. r. ist. veneto di scienze.
1871. Quenstedt: Die Petrefakten Deutschlands.
1888. Schlippe: Fauna des Bathonien im oberrheinischen Tieflande. Abh. z. geol. Spez.-Karte v. Els.-Lothr. **4**. Heft 4.
1891. de Stefani: Cenni preliminari sui terreni mesozoici della Sardegna. Rend. r. accad. dei Lincei. **7**. Fasc. 9.
1861—69. Thurmann und Etalon: Lethaea bruntrutana.
1896. Tommasi: Nuovi fossili triassici di Sardegna. Boll. soc. geol. italiana. **15**.
1901. Tornquist: Das Vorkommen von nodosen Ceratiten auf Sardinien und über die Beziehungen der mediterranen zu den deutschen Nodosen. Centralbl. f. Min. etc.
1902. — Ergebnisse einer Bereisung der Insel Sardinien. Sitz.-Ber. d. k. preuß. Akad. d. Wiss. **35**.
1904. — Die Gliederung und Fossilführung der außeralpinen Trias auf Sardinien. Ibid. **38**.

Digitized by Google

1905. Tornquist: Beiträge zur Geologie der westlichen Mittelmeerländer. I. Die Pflanzen des mitteljurassischen Sandsteins Ostsardiniens. II. Deninger: Die Jura- und Kreidebildungen in Nord- und Ostsardinien. III. Die carbonische Granitbarre zwischen dem ozeanischen Triasmeer und dem europäischen Triasbinnenmeer. Die Entwicklung der Trias auf Corsica. Dies. Jahrb. Beil.-Bd. XX.

1903—04. Toucas: Classification et évolution des Hippurites. Mém. soc. géol. France. 11 u. 12.

1883. Uhlig: Die Cephalopodenfauna der Wernsdorfer Schichten. Denkschr. d. math.-nat. Kl. d. k. Akad. d. Wiss. Wien.

1853. Zeuschner: Geognostische Beschreibung des Nerineenkalkes von Inwald und Rogoczyny. Haidinger's Naturw. Abh. 3. 1. Abt.

1873. Zittel: Die Gastropoden der Stramberger Schichten. Paläont. Mitt. v. Oppel.

Tafel-Erklärung.

Taf. XV.

Fig. 1. *Nerinea aivaruensis* Meneghi. Bathonien. Monte S. Giorgio.

„ 2a—e. *Rhynchonella Pallas* Chap. et Dew. var. Bathonien. Monte Doglia.

„ 3a—b. *Nerinea pseudospeciosa* Lor. Tithon. Monte Bonacòa bei Dorgali.

„ 4a—b. *Itieria Moreana* d'Orb. Tithon. Monte Bonacòa bei Dorgali.

„ 5. *Nerinea gymnocheila* Meneghi. Tithon. Baunèi.

„ 6a—c. *Nerinea dorgalensis* n. sp. Tithon. Monte Bonacòa bei Dorgali.

„ 7. *Cryptoplocus pyramidalis* Münst. var. Tithon. Monte Bonacòa bei Dorgali.

„ 8. *Chemnitzia* aff. *Castor* Zitt. Tithon. Monte Bonacòa bei Dorgali.

„ 9. *Petersia Lamarmorae* n. sp. Tithon. Monte Bonacòa bei Dorgali.

Digitized by Google

Die geologisch-petrographischen Verhältnisse der Umgegend von Rothau im böhmischen Erzgebirge.

Von

Rudolf Heinich aus Meusdorf bei Kohren.

Mit Taf. XVI und 2 Textfiguren.

Inhalt.

Seite

I. Topographische Einleitung und Literaturangaben . 475
Topographie 475
Literatur 478
II. Das Grundgebirge 478
Granit 479
Phyllit 480
III. Die Basalte und ihre Einschlüsse 485
A. Die Basalte 486
Flößberg 487
Kernberg 489
Hinken Bil, Kappen Bil, Zuleger Bil 493
Scheft 494
B. Die Einschlüsse in den Basalten 497
1. Exogene Einschlüsse 497
a) Graniteinschlüsse 499
Quarz 500
Feldspat 502
Schmelzmasse 503
Neubildungen 505
Kontakterscheinungen am Basalt 512
b) Quarziteinschlüsse 513
Quarz 514
Schmelzmasse 514
Neubildungen 515

Digitized by Google

Seite
Kontakterscheinungen am Basalt 518
Einschluß von Gangquarz 518
c) Schiefereinschlüsse 520
2. Endogene Einschlüsse 520
a) Reine Augitmassen 521
b) Augit-Olivinaggregate 523
c) Feldspat-Augitaggregate 525

I. Topographische Einleitung und Literaturangaben.

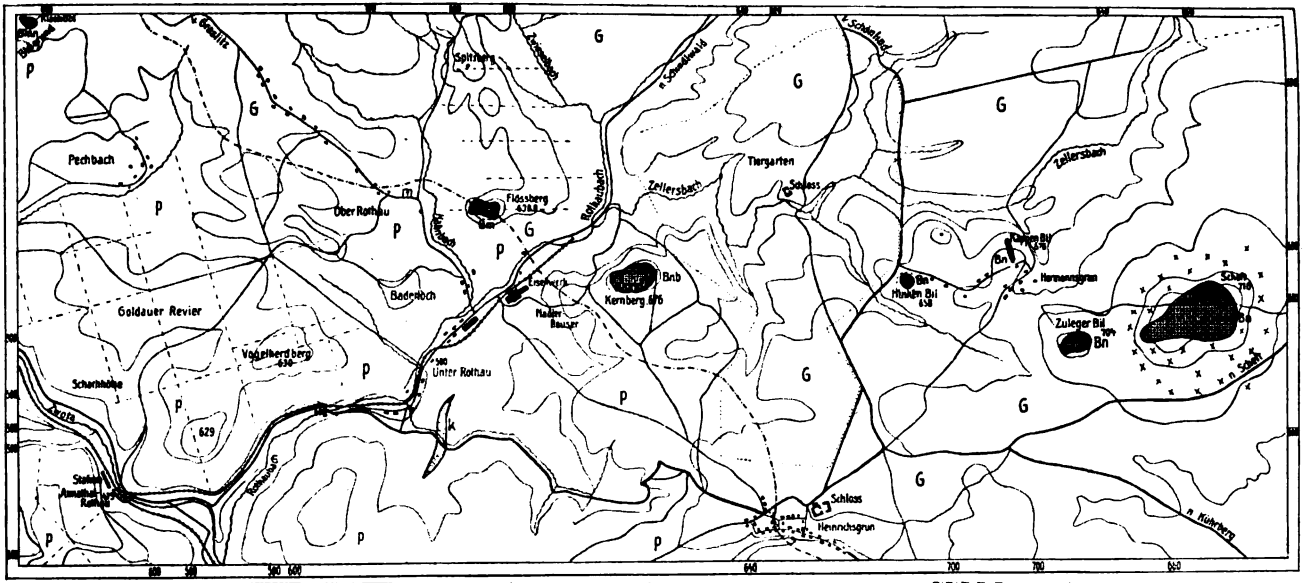
Im westlichen Teile des böhmischen Erzgebirges liegt zwischen Graslitz und Heinrichsgrün der Ort Rothau[1], welcher sich gerade am Südwestrande des großen Eibenstock—Neudeker Granitmassivs befindet, das hier vom Phyllit umrahmt wird. Rothau wird z. T. von dem Gebirgsbach gleichen Namens durchflossen und als Unterrothau bezeichnet, soweit es sich im Tal an dessen Ufern ausbreitet, während Oberrothau sich nach N. zu entlang der Straße hinzieht, die über den Höhenrücken nach Graslitz führt (s. Übersichtskarte).

Der Rothaubach entspringt unterhalb Frühbuß und durchkreuzt in fast südlicher Richtung den Granit, biegt sodann kurz vor der Grenze gegen den Phyllit nach SW. um und verfolgt so seinen Lauf innerhalb des letzteren, um sich schließlich bei Annathal in die Zwota (oder auch Zwodau) zu ergießen, welche mit ihm vereint dem Egerlande zustrebt. Als Nebengewässer nimmt die Rothau rechterseits im Granit den Zwieselbach und im Schiefer den Hahnbach, linkerseits den Zellersbach auf.

Die Talungen dieser Gegend kennzeichnen sich als echte Erosionstäler. Ihre Hauptrichtung verläuft von N. nach S., so die Talmulden der Zwota, des Zwieselbaches, des Hahnbaches und der Rothau in ihrem Oberlauf; eine Ausnahme hiervon bilden im Bereiche der Phyllitformation der untere Teil des Rothautales und dasjenige des Hornsbaches — eines Nebengewässers der Zwota, bei Heinrichsgrün entspringend —, die eine Richtung von NO. nach SW. aufweisen.

[1] Auf der k. k. Generalstabskarte, Maßstab 1:75000, liegt das untersuchte Gebiet am Südrand der Sektion Graslitz und Johanngeorgenstadt; Zone 4, Kol. VII.

Digitized by Google



Zeichenerklärung:

G — Granit des Eibenstock-Neudeker Massivs

P — Untere Phyllitformation

Meter 1000 500 0 1 Kilometer

Maßstab 1 : 55 000.

Granit-Schiefergrenze

K — Kalklager

B — Basalt anstehend und in Blöcken.

Geologische Übersichtskarte

der Umgegend von Rothau im böhmischen Erzgebirge.

Bm = Magmabasalt
Bmn = Melilith- und Nephelinbasalt
Bn = Nephelinbasalt
Bnb = Nephelinbasanit.

Mit Zugrundelegung der Meßtischblätter der k. k. Generalstabskarte von Sektion Graslitz und Johanngeorgenstadt

von **Rudolf Heinich.**

Digitized by Google

Die wichtigsten Erhebungen sind der dem Phyllit angehörige Vogelherdberg im Goldauer Revier mit rund 630 m Höhe, ferner der Scheft 716 m innerhalb des Granites und an der Granit-Schiefergrenze der später zu erörternde Flößberg (oder Lehmberg) 638,8 m und Kernberg 676 m, von denen der erstere im N. Unterrothaus, letzterer südlich davon gelegen ist. Sie (ohne den Scheft) haben als Ausläufer des durch die Zwota und Rothau abgegrenzten Hauptjoches zu gelten, das in NS.-Richtung von dem Spitzberg — am nördlichen Saume der Graslitzer Schieferzunge —, von dem Muckenbühl und dem Glasberg aufgebaut wird. Reiche Waldungen bedecken einen großen Teil des Gebietes und breiten sich besonders auf den Bergen aus. Sie verhüllen die Einzelheiten ihrer formenreichen Ausbildungen und bewirken gewissermaßen eine Abrundung der Bergmassen, ohne jedoch dadurch der ganzen Gebirgslandschaft ihren wuchtigen Charakter zu rauben. Allerdings bietet sich hauptsächlich nur im W. und N. dem naturfrohen Wanderer dieses reizvolle Bild dar, im O. dagegen fehlen ähnliche Talmulden und die Landschaft läßt hier ein ganz allmähliches Ansteigen erkennen, wodurch sie, ebenso wie im S., mehr plateauartigen Charakter gewinnt. Nur durch kleinere Anschwellungen, wie den Zuleger Bil und Scheft innerhalb des Granites, gewährt sie einige Abwechslung. Hierbei ist bemerkenswert, daß in ihrer Gestaltung die granitischen Bergmassen mit denjenigen, welche der Phyllitformation angehören, große Ähnlichkeit aufweisen, daß es überhaupt auf Grund topographischer Gesichtspunkte nur schwerlich gelingen kann, eine Trennung des Granit- und Schiefergebietes vorzunehmen, da der erstere an der Grenze zwischen beiden sich nicht, wie an mehreren anderen Stellen[1] des Eibenstocker Massivs, wallartig über das Schieferterritorium erhebt, sondern sich dessen Formen vollkommen anpaßt. Gleiche Verhältnisse schildert C. Gäbert[2] im Umkreis der Graslitzer Schieferzunge. — Als tiefster Punkt der untersuchten Gegend ist der Ort Annathal an der Mündung der Rothau in die Zwota mit 475 m Höhe über dem Meeres-

[1] Vergl. z. B. Dalmer, Erläuterung zur Sektion Schneeberg.

[2] C. Gäbert, Die geologische Umgebung von Graslitz im böhmischen Erzgebirge. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1899. **49**. 589.

Digitized by Google

spiegel, als höchster der Gipfel des Scheft mit 716 m hervorzuheben.

Bezüglich der Literatur möge kurz auf folgende Forscher hingewiesen werden. Carl Friedrich Naumann dürfte der erste gewesen sein, der in dieser Gegend wissenschaftliche Untersuchungen angestellt hat. Bei der Anfertigung der „Geognostischen Charte des Königreiches Sachsen und der angrenzenden Länder", 1843, Maßstab 1 : 592000, wurde auch dieses Gebiet geologisch aufgenommen und auf Sektion XVI kartographisch dargestellt. Nach ihm war es zunächst Jokély, der 1857 in seiner Abhandlung[1] „Zur Kenntnis der geologischen Beschaffenheit des Egerer Kreises in Böhmen" auch die Umgegend von Rothau in den Bereich seiner Studien gezogen hat, und später in gleicher Weise Laube in seiner „Geologie des böhmischen Erzgebirges", I. Teil, 1876[2]. Die geologischen Untersuchungen, Kartierungen und textlichen Beschreibungen des Eibenstocker Granites und seines Kontakthofes durch die königlich sächsische geologische Landesanstalt decken zwar die gesamte Nordhälfte des genannten Gebietes, greifen aber nur wenig nach S. zu über die sächsisch-böhmische Grenze hinaus; auch die sich an diese Publikationen anschließenden Untersuchungen von C. Gäbert beschränken sich wesentlich auf die Graslitzer Gegend, ohne das weiter südlich davon gelegene Areal zu berühren, welches der Gegenstand nachfolgender Behandlung sein wird.

II. Das Grundgebirge.

Das Grundgebirge der weiteren Umgebung von Rothau wird, wie bereits erwähnt, einerseits vom Granit und anderseits von phyllitischen Schiefern gebildet. Die Granit-Schiefergrenze verläuft im allgemeinen von NW. nach SO.; von N. kommend, am Glasberg vorbei, beschreibt sie zunächst in Oberrothau einen nach SW. gerichteten Bogen, wobei sie die Fahrstraße nach Graslitz zweimal kreuzt, durchschneidet dann in oben angegebener Richtung den Flößberg, der deshalb z. T. aus Granit, z. T. aus kontaktmetamorphisch umgewan-

[1] Jokély, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1857. VIII. Jahrg. p. 1 ff.

[2] Laube, Archiv der naturwissenschaftlichen Durchforschung von Böhmen. 1884. 3.

Digitized by Google

delten Phylliten besteht, überschreitet die Chaussee von Annathal nach Schindlwald und geht am Abhange des Kernberges hin oberhalb der Nadlerhäuser in Unterrothau. Von hier wendet sich die Grenze in mehr südlichem Lauf bis Heinrichsgrün und schlägt dann wieder die SO.-Richtung ein nach Altengrün und Roßmeißl zu (s. Übersichtskarte).

Der Granit der Gegend von Rothau weist die gleichen überall am Eibenstocker Massiv beobachteten Eigenschaften[1] auf. Er ist ein turmalinführender Biotitgranit — der „Gebirgsgranit" bei Jokély und Laube —, dessen Glimmer auch hier Spuren von Lithion enthält. Turmalin tritt ebenso wie an anderen Stellen nur in den sogen. „Sonnen" auf, während das gewöhnliche granitische Gemenge von ihm fast frei ist. Der Granit führt viel Orthoklas und Plagioklas (Oligoklas), auch Mikroperthite sind nicht selten, weniger Mikropegmatite; Mikroklin dagegen konnte nicht ein einziges Mal beobachtet werden. Zu diesen Bestandteilen gesellt sich im nordwestlichen Teile des Territoriums noch ein dritter Feldspat sporadisch hinzu, dem eine äußerst feine Zwillingslamellierung eigen ist, die nur bei starker Vergrößerung deutlich wahrgenommen werden kann. Allem Anscheine nach liegt hier Anorthoklas vor, dessen Auftreten in diesen verhältnismäßig alkalireichen Gesteinen ja nicht wundernimmt. Außerdem finden sich am gleichen Ort als akzessorische Gemengteile des Granites schön pleochroitische Körner von Andalusit, die indessen sehr häufig mehr oder weniger eine Umwandlung in Muscovit und in eine rötlichgelbe faserige bis schuppige Substanz erlitten haben. Was die Strukturverhältnisse des Granites betrifft, so zeigt seine Hauptmasse im N. des Gebietes eine mittel- bis kleinkörnige Ausbildung, während nach S. zu mehr eine grobkörnige vorwaltet; in beiden Fällen ist jedoch die porphyrartige Struktur in hohem

[1] Vergl. die Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen, bearbeitet unter der Leitung von H. Credner. Sektion Eibenstock, Schröder 1884; revidiert von Gäbert 1899. Sektion Zwota, Schröder 1884. Sektion Schwarzenberg, Schalch 1884; revidiert von Beck 1897. Sektion Schneeberg-Schönheide, Dalmer 1883; revidiert von Weise 1898. Sektion Auerbach-Lengenfeld, Dalmer 1885. Ferner C. Gäbert, l. c. p. 598.

Digitized by Google

Grade entwickelt. Tief eingreifende Verwitterungserscheinungen läßt der grobkörnige Granit östlich von Heinrichsgrün erkennen, welcher hier in zahlreichen Blöcken von ganz beträchtlicher Größe im Wald und auf den angrenzenden Wiesen herumliegt, wodurch die Gegend gewisse Ähnlichkeit mit einer Moränenlandschaft erhält.

Der Granit ist besonders in der Nähe seiner Grenze gegen den Schiefer vielfach von größeren und kleineren aplitischen Gängen durchzogen, die als jüngere Nachschübe[1] des granitischen Magmas zu gelten haben, das auf Spalten und Rissen Gelegenheit hatte einzudringen. Diese recht feinkörnigen Granitgänge heben sich infolge ihrer großen Festigkeit von dem leichter verwitterbaren Normalgranit als „striemen- oder wulstartige Erhöhungen" deutlich ab. Besonders schön sind solche Aplite an einer Felsgruppe im Rothautale am Abhang des Kernberges zu beobachten, wo der grobkörnige Granit von einer großen Menge derartiger Gänge netzartig durchschwärmt wird, unter denen der größte eine Breite von 0,50 m erreicht. U. d. M. erweisen sie sich als überaus reich an stengelig ausgebildetem Turmalin, der einen starken Pleochroismus von hellbraun zu dunkelbraun und oft auch Zonenbau zeigt. Er ist förmlich durchspickt mit Quarzkörnern und ist in einem Fall eine zierliche Verwachsung mit Muscovit eingegangen, wobei sich der Turmalinkristall mit seiner c-Achse parallel zur Basis des Glimmers gerichtet hat.

Der in der Gegend von Rothau mit dem Granit in Kontakt kommende Teil des Schiefergebirges gehört der unteren Phyllitformation an, welche wie der gesamte Schiefermantel des Eibenstocker Massivs längs der Granit-Schiefergrenze in breiter Zone jene oft beschriebenen[2] kontaktmetamorphischen Umwandlungen in Frucht- und Andalusitglimmerschiefer erlitten hat. Die Phyllite streichen im allgemeinen von NON. nach SWS., während die Granit-Phyllitgrenze von NW. nach SO. verläuft, so daß die Schieferschichten unter fast

[1] Gegen Laube's Deutung solcher Gänge als „konkretionäre Bildungen" vergl. C. Gäbert, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1899. p. 606.

[2] Vergl. die oben (p. 479) angeführten Erläuterungen zur geologischen Spezialkarte des Königreichs Sachsen.

Digitized by Google

rechtem Winkel auf den Granit stoßen. Es handelt sich somit hier um einen sogen. Stocklakkolithen, dessen ehemalige Schieferdecke übrigens vielerorts auf seinem Scheitel noch in Lappen oder breiten, übergreifenden Zungen erhalten ist. So greift in nächster Nachbarschaft der Rothauer Gegend, bei Graslitz, eine derartige metamorphe Schieferzunge weit über den Granit über. Das Einfallen des Phyllites schwankt um 30° und ist nach NW. gerichtet; in der Nachbarschaft des Granites hat auch meist nur eine geringe Aufwölbung der Schichten stattgefunden.

Die unveränderten, also außerhalb des Kontaktbereiches des Granites liegenden Schiefer haben eine hellgrüne Färbung und zeigen auf ihren Spaltungsflächen den bekannten seidenartigen Glanz. Sie sind ihrem petrographischen Charakter nach als Albitphyllite zu bezeichnen. Bereits im Handstück erkennt man, daß das Gestein von Feldspatindividuen erfüllt ist, deren Größe von winzigen bis zu stecknadelkopfgroßen Körnern schwankt. Diese können stellenweise so zahlreich auftreten, daß der Phyllit parallel der Schieferung eine ganz rauhe Oberfläche erhält. Das Gestein ist im allgemeinen recht gleichmäßig ausgebildet und besteht in der Hauptsache aus einem sehr feinkörnigen Gemenge von Quarz, Chlorit und Muscovit sowie Feldspat, zu denen sich reichlich opakes Eisenerz gesellt. Die Quarze bilden eckige, vielfach parallel der Schieferung in die Länge gestreckte Körner, welche nur wenige Einschlüsse in sich bergen. Je nach dem Vorwiegen des Quarzes oder Chlorites werden die quarzreicheren oder quarzärmeren Varietäten des Phyllites bedingt, von denen die ersteren den Übergang zu den Quarzitschiefern darstellen. Der Chlorit ist von hellgrüner Farbe, schwach pleochroitisch und tritt in langgezogenen schmalen Blättchen oder rundlichen Schuppen auf, die sich den Quarzkörnern anschmiegen. Breitere Lamellen finden sich bei ihm seltener. Muscovit dagegen, der an Häufigkeit weit hinter dem Chlorit zurücksteht, erreicht in den meisten Fällen größere Dimensionen. Er weist ebenso wie der Chlorit manchmal eine gelbliche Färbung auf, die wohl auf eine sekundäre Imprägnation mit Eisenverbindungen zurückzuführen ist. Das Eisenerz, das in recht wechselnder Menge vertreten ist,

Digitized by Google

dürfte in der Hauptsache dem Titaneisen angehören, wie aus den zahlreichen Leukoxenanhäufungen zu schließen ist; Hämatit erscheint nur spärlich in winzigen Täfelchen. Von anderen Gemengteilen finden sich recht zahlreich Rutile als feiner Staub oder als scharf begrenzte Nädelchen, die oft verzwillingt sind, und nicht selten Turmaline in größeren und kleineren Individuen, die häufig Kristallformen zeigen, aber oft zerbrochen sind, ferner Apatitkörner sowie einige Male Zirkone und auch Epidot in körnigen Aggregaten und in stengeliger Ausbildung. Granat war in den echten Phylliten nirgends zu beobachten. Die Feldspate fallen u. d. M. durch ihre Frische auf und bilden meist einfache Individuen oder zweiteilige Zwillinge, doch sind auch manchmal Andeutungen von polysynthetischer Zwillingsstreifung zu beobachten. All diese Erscheinungen geben den Plagioklas als Albit zu erkennen. Er führt zahlreiche Interpositionen, neben Quarz besonders Rutile, Turmalinnädelchen und oft auch feinen Kohlenstaub, die sich gern zonenartig anordnen oder in mehr oder weniger geschwungenen Linien den Kristall durchziehen. Mehr südlich von Rothau nehmen die Albite größere Dimensionen an, und der Glimmer, dem sich nun auch Biotit hinzugesellt, was dem Handstück eine dunklere Farbe verleiht, tritt in breiteren Lamellen auf, wodurch Gesteine entstehen, die den „Phyllitgneisen" Gümbel's ähnlich sind; zugleich wird durch den größeren Glimmerreichtum der Schiefer bereits der Übergang zur Glimmerschieferformation angedeutet, welche in typischer Ausbildung unweit von Heinrichsgrün und bei Roßmeißl beobachtet wird. Jokély und Laube legten die Phyllit-Glimmerschiefergrenze durch Unterrothau und zwar in nordost—südwestlicher Richtung vom Oberrothauer Friedhof nach dem Lindenhammer Tunnel. Eine Begehung des Gebietes hat jedoch ergeben, daß in dieser Gegend noch albitreiche Gesteine der Phyllitformation verbreitet sind und die eigentlichen, durch zusammenhängende Glimmerhäute, Granatführung und größere Quarzknauern ausgezeichneten Glimmerschiefer erst weiter im S, etwa in der Gegend von Heinrichsgrün, einsetzen.

Der eintönige petrographische Charakter der phyllitischen Schiefer gewinnt einige Abwechslung durch zahlreiche lenti-

Digitized by Google

kuläre Quarzmassen, an deren Zusammensetzung sich auch Feldspate beteiligen können. In einem Falle bestand eine solche einige Zoll lange Linse aus großen unregelmäßig begrenzten Quarz- und Feldspatpartieen, die sich u. d. M. als infolge intensiver Druckwirkung zu stark undulös auslöschenden, zackigen Fragmenten zertrümmert erwiesen. Die Quarze bergen eine Unmenge von Flüssigkeitseinschlüssen, die Feldspate dagegen lassen solche nicht erkennen; sie gehören ihrer polysynthetischen Zwillingsstreifung und ihrer Lichtbrechung nach zu den saueren Plagioklasen. Diese Linse wird vom Phyllit getrennt durch einen breiten chloritischen Saum, der von Titaneisenkörnern erfüllt ist. Entlang der Grenze gegen diesen Saum finden sich nun in den äußeren Teilen der Lentikulärmasse in großer Menge lang ausgezogene Turmalinstengel eingewachsen, welche vielfach Biegungen zeigen, die den geschwungenen Konturen der Linsenumrandung parallel laufen. Ganz die gleichen Turmaline erscheinen vereinzelt auch als Einschlüsse in den Feldspaten der inneren Linsenteile.

Von größeren Einlagerungen treten oft Quarzitschiefer und Quarzite auf, welche auch in der Nähe der Granit-Schiefergrenze nicht selten zu beobachten sind. Beihnen läßt sich z. B. am Flößberg eine gewisse Kontaktmetamorphose erkennen, die sich darin äußert, daß sich in den Quarzen rundliche bis sechseckige Biotitblättchen und zierliche Turmalinnädelchen einstellen.

Ein recht mächtiges Lager körnigen Kalkes[1] findet sich innerhalb des Phyllites in Unterrothau, unweit der Straße von Annathal nach Heinrichsgrün (Kaiserallee). Dieses wurde zu früheren Zeiten sowohl in einem Tagebau, als auch durch großen unterirdischen Betrieb ausgenutzt, von dem eine geräumige Höhle, die unter der genannten Straße sich befindet, Zeugnis gibt. Der Kalk besitzt eine kleinkörnige Struktur, ist von dunkelgrauer Farbe und besteht in der Hauptsache aus innig verzahnten, ungefähr gleich großen Kalkspatindividuen. Diese darf man als Mg-frei annehmen, wie aus einer im chemischen Laboratorium des Graf Erwein Nostitz'-

[1] Betreffs seiner Lagerungsverhältnisse vergl. Jokély, p. 27; Laube, p. 57.

Digitized by Google

schen Eisenwerkes zu Rothau angefertigten Kalkanalyse zu ersehen ist:

CaO	38,84
MgO	1,48
$Fe_2O_3 + Al_2O_3$	4,54
SiO_2	24,50
CO_2	31,04
	100,40

Sie ergibt einen sehr niedrigen Wert für MgO und dieses muß zunächst gewissen Akzessorien (Glimmer, Malakolith) zugerechnet werden.

Hingegen fällt der hohe Gehalt an SiO_2 auf, welcher zurückzuführen ist auf den im allgemeinen recht zahlreich vorhandenen Quarz, der in kleineren, rundlichen Körnern neben dem Calcit auftritt. Von anderen Beimengungen finden sich vor allen Dingen Albite in größeren Individuen und unregelmäßige Lamellen eines phlogopitartigen Glimmers, ferner Malakolith, Turmalin, Titanit, Magnetkies, Eisenkies, Eisenglanz und kohlige Substanz.

Nach dem Hangenden zu geht das Kalklager in ein annähernd farbloses, überaus festes und massig erscheinendes Gestein über, das an der Chaussee nach Heinrichsgrün zutage tritt und wegen seiner Härte früher als Straßenschotter Verwendung fand. An ihm beobachtet man in mehr oder weniger breiten Abständen dunkle, glimmerreiche Lagen, die dem Gestein ein gebändertes Aussehen verleihen. Laube legt ihm die Bezeichnung „Kalkglimmerschiefer“ bei; es finden sich jedoch nur ganz geringe Spuren von Carbonaten darin. Vielmehr lehrt das Mikroskop, daß ein Gestein vorliegt, welches große strukturelle Ähnlichkeit mit einem Kalksilikathornfels aufweist. Es stellt in der Hauptsache ein äußerst dichtes Gemenge der verschiedensten Mineralien dar. Dies sind besonders rundliche Quarzkörner und größere oder kleinere Malakolithpartikel, welche durch phlogopitartige Glimmerblättchen und eine feinfaserige Substanz mit niederen Polarisationsfarben, die nicht näher bestimmt werden konnte, innig verwoben werden. Dazwischen eingestreut war Calcit nur ganz sporadisch festzustellen. Große Albite sind recht reichlich vertreten; sie werden augenartig umhüllt und von

Digitized by Google

all den anderen Mineralien mannigfach durchspickt. Der gelbbraune bis rötliche Glimmer reichert sich stellenweise an und bedingt dadurch jene makroskopisch sichtbaren dunklen Lagen. Neben den genannten Gemengteilen erscheinen wieder akzessorisch Turmalin, Eisenerze, kohlige Substanz, dazu noch Apatit, Zirkon und wohl auch Epidot. — Dieses Gestein verliert sich nach oben zu allmählich in einen gewöhnlichen Quarzitschiefer, der nach und nach in Phyllit übergeht.

Nach seinem Mineralbestand und dessen Struktur dürfte das Kalklager von Rothau mit seinem Hangenden als ein Produkt der Kontaktmetamorphose von seiten des Granites anzusehen sein.

Hervorzuheben sind noch die Granitintrusionen, die an mehreren Stellen unweit der Granit-Schiefergrenze im Phyllit auftreten, so z. B. am Wege von Unterrothau nach Oberrothau. Diese Granitgänge zeigen im allgemeinen kleinkörnige Struktur und können porphyrartige Einsprenglinge von Feldspat, Muscovit und auch von Biotit enthalten, obwohl letzterer im Gesteinsgemenge recht spärlich vorhanden ist. Die einzelnen Mineralindividuen haben alle mehr oder weniger automorphe Ausbildung erfahren. An Akzessorien führen solche Intrusionen öfter Turmalinstengel und besonders Andalusitkörner, welch letztere hier, wie so oft, ihre Entstehung wohl der Einschmelzung von eingeschlossenen Schieferfragmenten verdanken.

III. Die Basalte und ihre Einschlüsse.

Von selbständigen altvulkanischen Eruptionen ist die Rothauer Gegend vollständig verschont geblieben. Erst nachdem die Schieferhaube des Granitmassivs und dieses selbst bis zu größerer Tiefe denudiert war, also erst in einem geologisch sehr jugendlichen Zeitraume, machten sich auf dieser Anschnittsfläche vulkanische Eruptionen geltend und produzierten jene Reihe von Basaltkuppen, die sich vom Bleigrund bei Graslitz aus in fast genau geradliniger, östlicher Richtung bis nach Scheft erstrecken. Diese Schar von basaltischen Eruptivmassen baut sich auf aus sechs mehr oder

Digitized by Google

weniger umfangreichen und mehr oder minder scharf zum topographischen Ausdruck gelangenden Quellkuppen. Dem westlichsten derselben, dem Kleehübl, schließt sich der Flößberg an, der in Unterrothau noch auf der rechten Seite des Rothautales liegt. Durch letzteres von ihm getrennt, erhebt sich auf ziemlich steil ansteigender Basis der Kernberg; weiter im O. befinden sich in geringer Entfernung voneinander der Hinken Bil, der Zuleger Bil und Scheft. Endlich durchsetzt im N. der letztgenannten drei Basaltkuppen ein Gang des nämlichen Gesteins — der Kappen Bil — den das Grundgebirge bildenden Granit. Die Basalte, besonders vom Flößberg und Kernberg, fallen auf durch ihren großen Gehalt an Einschlüssen des durchbrochenen Nebengesteins, vor allen Dingen des Granites, denen sich, wenn auch nicht in so reichem Maße, verschiedene magmatische Urausscheidungen zugesellen. Insbesondere das Studium dieser beiden Arten von Einschlüssen war der Zweck der vorliegenden Arbeit.

Die der Abhandlung beigegebene geologische Übersichtskarte soll in der Hauptsache nur die allgemeine geologische Situation dieser augenscheinlich auf einer ca. 9 km langen Spalte (s. p. 496) aufsitzenden sieben Basalteruptionen darlegen. Deshalb ist auf die die Basalte nicht betreffenden geologischen Details, wie die zahlreichen Einlagerungen und Granitintrusionen in der Phyllitformation, deren Kontaktzone gegen den Granit und dessen Strukturvarietäten kein Gewicht gelegt worden.

Zugleich möge es mir an dieser Stelle gestattet sein, meinem verehrten Lehrer, Herrn Geh. Bergrat Prof. Dr. H. Credner sowie besonders auch Herrn Dr. C. Gäbert meinen Dank auszusprechen für die zahlreichen Ratschläge und Fingerzeige, die sie mir bei Anfertigung des geologischen Abschnittes zuteil werden ließen.

A. Die Basalte.

Der Kleehübl im W. bei Graslitz stellt eine kleine dicht bewaldete Kuppe dar, die sich inmitten metamorpher Phyllite erhebt. Sein Basalt zeichnet sich aus durch nußgroße Einschlüsse von Granit und Schiefer sowie von eigenartigen

Digitized by Google

Augitknollen, welche als magmatische Urausscheidungen zu gelten haben (vergl. p. 521). Nach den neueren Untersuchungen von C. GÄBERT[1] besteht das Gestein aus einem Melilith- und Nephelinbasalt.

Auf der Granit-Schiefergrenze drangen Basaltmassen empor, die jetzt den Gipfel des Flößberges (früher Flötzberges) aufbauen. Den Untergrund bilden hier sowohl Granit als auch kontaktmetamorphisch umgewandelte Phyllite, von denen der Basalt auch zahlreiche Fragmente umschließt. Dieser

Der Basaltbruch des Flößberges.

Erguß stellt einen von W. nach O. verlaufenden Höhenrücken dar, der sich in der Mitte etwas verschmälert und an beiden Enden kuppig aufwölbt. Seine Basis besitzt eine Flächenausdehnung von 58 a 38 qm. An der Ostseite ist er durch einen Bruch sehr gut aufgeschlossen und läßt hier eine prächtige prismatische Absonderung erkennen (s. beistehende Textfigur). Man beobachtet schöne, schlanke Säulen bis zu 12 m Länge bei einem Durchmesser von 13—25 cm; meist haben sie fünfseitige Gestalt und weisen auch deutliche Querklüftung mit konkaven bezw. konvexen Flächen auf. Die

[1] C. GÄBERT, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1899. p. 629.

Digitized by Google

Prismen konvergieren nach oben zu und nehmen in der Mitte des Bruches eine fast senkrechte Lage an, dagegen eine Neigung von ca. 70° gegen W. Am Südabhang aber werden sie allmählich undeutlicher und zerfallen in kugelige Gebilde, welche Erscheinung Jokély durch eine Abbildung veranschaulicht und wie folgt näher erörtert[1]: „Im südlichen (Teil) aber löst sich das mehr massige Gestein in mehr mindergroße, bis 1½ Klafter im Durchmesser haltende Ellipsoide auf, an welchen die konzentrisch schalige Struktur stellenweise höchst vollkommen ausgeprägt ist. Diese Schalenstruktur zeigt hier nicht uninteressante Verhältnisse. Sie beschränkt sich nämlich nicht allein auf einzelne solche Kugeln, sondern sie geht, nachdem sie anfangs nur einen ellipsoidischen Kern umhüllt, welcher aber, wenn größer, innerhalb seiner Masse wieder in kleinere, schalig zusammengesetzte Kugeln gegliedert erscheint, weiter, so daß eine solche Schale dann das zweite, eine andere noch das dritte Ellipsoid usf. gemeinschaftlich umschließt, bis sich endlich der ganze Komplex dieser Sphärenbildung zu einem, man möchte sagen, Riesenellipsoid abgrenzt, an Größe zum Teil entsprechend der einstigen Ausdehnung des zähflüssig emporgepreßten Basaltstockes.“ Eine so scharf ausgeprägte und komplizierte Schalenstruktur kann jedoch nach den jetzigen Aufschlüssen nicht mehr konstatiert werden.

Der Basalt hat eine fast schwarze Farbe, ist überaus dicht struiert und zeigt sich u. d. M. in der Hauptsache bestehend aus einem recht feinkörnigen und schwer auflösbaren Gemenge kleinster gelblichbrauner Augitindividuen, die mehr Kristalle als Körner bilden. Sie sind fast frei von Einschlüssen und weisen öfter Sanduhrformen auf, auch finden sich Zwillinge nach ∞P∞. Zwischen ihnen beobachtet man, in ihrer Menge recht wechselnd, eine glasige Substanz, die etwas heller gefärbt ist als die Augite, auch manchmal ganz farblos wird. Mit HCl behandelt erfolgt ein Gelatinieren. In dieser Glasbasis treten sporadisch farblose Nädelchen (Apatit?) auf. Stellenweise hat sie eine Umwandlung in Carbonate oder eine Zersetzung in schmutziggrüne Partien erlitten. Magneteisen in Körnern und Kristallen ist im

[1] Jokély, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1857. p. 73.

Digitized by Google

allgemeinen recht zahlreich und gleichmäßig durch das ganze Gestein verteilt. — Als mikroporphyrische Einsprenglinge sind in erster Linie die Augite zu erwähnen, welche dann sehr oft verzwillingt sind. Es fanden sich solche Verwachsungen nach $\infty P\infty$, $P\infty$, P2, ferner knäuelartige. Zonenbau und Sanduhrformen sind in jedem Präparat zu beobachten. Solche porphyrische Augite haben in der Hauptsache dieselbe Färbung wie diejenigen der Grundmasse, oft mit einem Stich ins Violette. Der Kern weicht manchmal in seiner Farbe etwas ab und zeigt dann eine Auslöschungsdifferenz gegenüber der Randzone bis zu 12°. Interpositionen führen nur die größeren Individuen häufiger und zwar besonders grünliche und braune Glaspartikel mit oder ohne Gasblasen sowie Magnetit-, Augit- und Olivinkörner. Diese treten dann gern im Zentrum reichlicher auf, so daß der Augit in den Präparaten von ihnen förmlich durchbohrt erscheint.

Olivin ist ebenfalls recht zahlreich als Einsprengling vertreten und zeigt schöne Kristalle, die besonders von ∞P, $\infty\breve{P}\infty$ und $2\breve{P}\infty$ gebildet werden. Bisweilen hat die b-Achse eine starke Verkürzung erfahren und wird von a an Länge übertroffen. Korrosionserscheinungen sind häufig zu beobachten, wobei oft nur noch Skelette zurückgeblieben sind. Zwillinge nach $\breve{P}\infty$ und Umhüllungen einzelner Olivinkörner von Augitkristallen finden sich nicht selten. An Einschlüssen sind die Olivine im allgemeinen recht arm; es kommen vor Glaspartikel und Gasporen, Picotite nicht gerade zahlreich, häufiger Magneteisenkörner. Nach seinem petrographischen Charakter erhält dieses Gestein den Namen Magmabasalt, doch ist es nicht überall gleichartig ausgebildet, denn am südlichen Teil der Kuppe tritt ein neuer Bestandteil, Nephelin, hinzu, als Füllmasse in farblosen, unregelmäßigen Flecken, die sich recht deutlich von dem dunkleren Basaltglas abheben; auch waren ganz vereinzelt winzige Leistchen von Feldspat zu erkennen. Es scheint hier das Übergangsglied zum Nephelinbasanit des Kernberges vorzuliegen, der sich südlich davon befindet, nur durch das Tal der Rothau vom Flößberg getrennt.

Der Basalt des Kernberges (bei Jokély und Laube „Ilmersberg“ genannt) hat die Gestalt einer Kuppe, welche

Digitized by Google

äußerst flach gewölbt ist und eine beträchtliche Längserstreckung aufweist. Nach S. zu fällt sie ziemlich steil gegen den granitischen Untergrund ab und ist hier in einem langen Bruch trefflich aufgeschlossen. Sie verläuft von W. nach O. und hat an ihrer Basis eine Länge von 400 m, auf dem Rücken eine solche von 350 m; die Höhe beträgt 57 m, die Breite 225 m. Auch an diesem Gestein ist die Säulenabsonderung wieder außerordentlich schön ausgebildet. Im O. zeigen die Prismen eine Umbiegung nach östlicher Richtung, im W. eine solche nach W. In der Mitte stehen sie fast senkrecht und sind gegen N. um 75° geneigt, so daß der Basalt an dieser Stelle das Aussehen einer Decke erhält, während die Säulenstellung an der Peripherie auf eine Quellkuppe verweist. Jokély berichtet[1] ferner: „Noch weiter gegen den mittleren Teil wird die säulenförmige Absonderung allmählich undeutlicher, bis sie gänzlich schwindet, und der Basalt dann als eine unregelmäßig gestaltete Masse erscheint, an welcher sich nur eine polyedrische oder auch kugelige Absonderung mit Andeutung einer konzentrisch-schaligen Struktur zu erkennen gibt. Die ungleichförmige Abkühlung der etwa in diesem Teile in turbulenter Weise emporgedrungenen Basaltmasse wäre vielleicht die plausibelste Erklärung für diese Erscheinung." Auch hier konnten nach den jetzigen Aufschlüssen nur noch schwache Andeutungen von kugeliger Absonderung beobachtet werden. — Makroskopisch ist zwischen dem Gestein des Flößberges und diesem kein Unterschied bemerkbar, auch ist beiden — am Kernberg häufiger als am Flößberg — eine nicht uninteressante Erscheinung gemeinsam, welche beim Zerschlagen der Blöcke sehr bald auffällt. Man gewahrt nämlich innerhalb der vollkommen frischen Basaltmasse eiförmig gestaltete Hohlräume, die mehr oder weniger mit einer farblosen Flüssigkeit angefüllt sind. Diese Höhlungen haben im Durchschnitt die Größe eines Stecknadelkopfes, können aber bis zu 11 cm lang und 4 cm breit wie hoch werden; ihre Wandungen selbst zeigen eine stahlgraue Farbe. Beim Zerspalten läuft die Flüssigkeit heraus und breitet sich gleichmäßig auf der Bruchfläche aus, wo sie

[1] Jokély, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1857. p. 73.

Digitized by Google

sehr bald verdunstet. Diese Hohlräume können sich manchmal so anreichern, daß auf einer frisch losgesprengten Stelle von ungefähr der Größe eines Handtellers bis zu zehn nebeneinander gezählt wurden. Naturgemäß ist es recht schwierig, solche Flüssigkeit zu erlangen, da sie bereits herausgeflossen ist, bevor man sie mit der Pipette aufsaugen kann. Trotz eifrigsten Bemühens gelang es nur, wenige Tropfen davon zu sammeln. Ihre chemische Untersuchung ergab, daß sie in der Hauptsache aus H_2O besteht und Spuren von Ca enthält. Hier handelt es sich offenbar um atmosphärilische Wässer, die auf feinsten Spältchen in das Gestein eindringen und da, wo sie auf ehemalige Gasporen stoßen, sich ansammeln. An einigen größeren Hohlräumen war es möglich, einen solchen Riß als Verbindungskanal mit den Kluftflächen zwischen den Säulen festzustellen. Die CO_2-haltigen Sickerwässer reichern sich auf ihrem Weg durch das Gestein mit löslichen Carbonaten an und scheiden diese innerhalb der Blasen wieder aus. Wir finden daher vielfach solche Räume ausgekleidet mit zierlichen Kristallgebilden von Aragonit und Kalkspat, welche in den meisten Fällen etwas Fe-haltig sind. Von letzterem sind die Rhomboeder vertreten, die sich gern zu rosettenförmigen Gruppen vereinen, während der Aragonit lange Nädelchen zeigt und faserige Aggregate bildet. Seltener gesellt sich in den Drusen traubiger Braunspat hinzu. Das Wasser hat die Fähigkeit, innerhalb dieser Hohlräume recht lange Zeit der Verdunstung zu widerstehen. So war im Hochsommer trotz wochenlanger Trockenheit eine Abnahme der Flüssigkeitseinschlüsse im Basalt nicht im mindesten bemerkbar, ja nach mehrmonatlichem Aufbewahren der Handstücke konnte an diesen ihr Dasein noch nachgewiesen werden.

Das Gestein zeichnet sich aus durch seine Härte und eignet sich daher trefflich als Material für Straßenschotterung. Es ist infolgedessen in jüngster Zeit eine Aktiengesellschaft[1] ins Leben getreten, welche die Ausnutzung der Basaltmassen zu diesem Zweck anstrebt. Der Abbau wird in großem Stile

[1] Erzgebirgs Basaltschotterunternehmung Förster, Langer & Co., Heinrichsgrün.

Digitized by Google

betrieben und die Zerkleinerung der Blöcke erfolgt an Ort und Stelle auf maschinellem Wege.

Laube führt eine von Bořicky vorgenommene mikroskopische Untersuchung des Kernbergbasaltes an. Dieser deutet ihn als „Leucitoidbasalt", welche Benennung er auch allen übrigen Basalterhebungen beilegt, und beschreibt[1] ihn folgendermaßen: „Ist ein Leucitoidbasalt, d. h. Basalt mit minder individualisiertem Leucit, denn derselbe enthält eine farblose, im polarisierten Lichte dunkle, scheinbar homogene Substanz, die nur stellenweise polygonale Umrisse zeigt, aber flockenartig oder mehr weniger rundlich angehäufte Mikrolithe und kleine Kriställchen eingeschlossen enthält. Außer recht zahlreichem Nephelin sind vereinzelte, lange, farblose Feldspatkriställchen ziemlich gleichmäßig verteilt. Olivin ist sparsam[2], Augit erscheint zuweilen in Durchkreuzungszwillingen." Jene Bezeichnung konnte indessen vom Verfasser auf Grund neuer Untersuchungen keine Bestätigung erfahren, da in den zahlreichen Präparaten nicht ein einziges Mal Leucit gefunden wurde — es dürfte hierbei wohl eine Verwechslung mit dem in der Hauptsache ähnlich ausgebildeten, schwach polarisierenden Nephelin vorliegen —, vielmehr handelt es sich hier um einen Nephelinbasanit. Die Augite der Grundmasse sind recht reichlich vertreten und stellen kleine Kristalle und Körner von braungelber Farbe dar, welche meist frei von Einschlüssen sind. Neben ihnen gewahrt man — nur in der Grundmasse — winzige Feldspatleistchen, die im allgemeinen gleichmäßig und zahlreich verteilt sind. Sie zeigen feinste Zwillingslamellierung und besitzen eine nur wenig höhere Lichtbrechung als der Canadabalsam, dürften daher wohl dem Andesin zuzurechnen sein. Fluidalstruktur war einige Male an ihnen festzustellen. Nephelin findet sich zwischen ihnen als Füllmasse in kleineren Tümpeln, ist aber in seinem Gehalt recht wechselnd und kann auch fast vollkommen zurücktreten. Vielfach hat er eine Umsetzung in eine faserige Substanz erlitten. An Interpositionen

[1] Laube, Arch. d. naturw. Durchf. Böhm. 1884. 3. 48.

[2] Vergl. dazu Laube's Bemerkung auf p. 49: „Unter den akzessorischen Gemengteilen tritt der Olivin am meisten hervor. Er ist namentlich in den Gesteinen des Ilmersberges ..... häufig vorhanden."

Digitized by Google

führt er farblose Nädelchen und Eisenerzkörner. Hellgelblichbraunes Basaltglas erfüllt mit ihm zusammen die Lücken zwischen den Augiten und Feldspaten, doch ist seine Verteilung recht verschieden. Überhaupt trägt die Struktur der Grundmasse durchaus keinen einheitlichen Charakter und oft sind Änderungen in einem und demselben Präparat zu beobachten. Bisweilen ist die Grundmasse so dicht, daß sie auch bei starker Vergrößerung nur schwer auflösbar ist. — Kristalle und Körner von Eisenerz finden sich nicht gerade reichlich, doch gleichmäßig durch das ganze Gestein verbreitet. Olivine und Augite als porphyrische Einsprenglinge lassen die gleiche Ausbildung und Verteilung erkennen wie im Basalt des Flößberges.

Die vier anderen Basalterhebungen östlich davon weisen in ihrem petrographischen Charakter untereinander große Ähnlichkeit auf. Schon makroskopisch unterscheiden sie sich vom Basalt des Flöß- und Kernberges dadurch, daß sie nicht so dicht struiert sind und eine mehr dunkelgraue Farbe zeigen. Die Mitte zwischen beiden gegensätzlichen Ausbildungen hält ungefähr der Hinken Bil, der ja auch der westlichste dieser vier Basaltergüsse ist. Er befindet sich unmittelbar neben der Fahrstraße Heinrichsgrün—Schönlind mitten im Walde und bildet eine kleine Kuppe, die nur durch einige Blöcke angedeutet wird. Er ist ein Nephelinbasalt, der in der Ausbildungsweise seiner Gemengteile im wesentlichen übereinstimmt mit dem später zu erörternden Basalt des Scheft. Die Struktur seiner Grundmasse ist jedoch feinkörniger, auch erscheint der Nephelin nicht gerade reichlich und nur als Füllmasse; an seiner Stelle wird manchmal eine bräunliche Glasbasis wahrgenommen. Akzessorisch stellen sich kleine, unregelmäßig begrenzte Hauyne ein.

Ihm schließt sich im nördlichen Ende von Hermannsgrün die Anhöhe des Kappen Bil an, ein Basaltgang im Granit, der in fast horizontal gelagerten Säulen zutage tritt und ungefähr von N. nach S. streicht. Er führt ebenfalls Hauyn und gehört dem Nephelinbasalt an, doch ist hier der Nephelin zahlreicher und zeigt öfter Kristallformen.

Südlich davon erhebt sich aus dem granitischen Plateau der Zuleger Bil, welcher auch nur durch herumliegende

Digitized by Google

Blöcke markiert wird. Er ist nicht wie die übrigen Erhebungen vom Wald bedeckt, sondern dient den Bewohnern als Ackerboden, wobei sie die großen Blöcke mauerartig an den Grenzen der Felder aufgetürmt haben. Sein Basalt fällt auf durch die weniger dichte Struktur und den Reichtum an Nephelin, der besonders gern in rechteckigen Schnitten mit zentral angeordneten Interpositionen von Augitindividuen und farblosen Nädelchen auftritt. Hauyn fehlt bei ihm.

Als letzter folgt im O. der breite Höhenzug des Scheft, der zugleich den höchsten Punkt des ganzen Gebietes darstellt. Er hat eine ganz bedeutende Ausdehnung, zeigt aber überall nur zerstreute Blöcke, kein anstehendes Gestein. U. d. M. erkennt man, daß sein häufigster Gemengteil der Augit ist. Ihm ist, wie in allen anderen genannten Nephelinbasalten, eine gelblichgrüne Färbung eigen. Er bildet kleinere und größere Individuen, spärlich Kristalle, ebenso konnten nur vereinzelt Zwillinge nachgewiesen werden, dann nur nach $\infty P\infty$; dagegen zeichnen sich die Augiteinsprenglinge aus durch einen recht scharf ausgeprägten Zonenbau und zierliche Sanduhrformen. Einschlüsse, die aus Gasporen und dunkelgefärbten Glaspartikeln, seltener Eisenerz bestehen, treten besonders im Zentrum auf.

Nephelin erblickt man auch recht zahlreich; er hat vielfach Kristallgestalt, zeigt sich aber oft schon zersetzt in eine faserige, zeolithartige Substanz. Seine rechteckigen Formen sind in solchen Fällen dennoch meist schön erhalten. Interpositionen birgt er nur wenig; diese scharen sich dann gern im Innern zusammen oder ordnen sich manchmal zonenartig an. Eisenerzkörner treten überall auf, sind aber durchaus nicht gleichmäßig verteilt. Olivine kommen nur als porphyrische Einsprenglinge vor und treten an Menge hinter den Augiten stark zurück; sie bilden aber große Individuen, die nur vereinzelt Kristallflächen erkennen lassen und häufig magmatisch korrodiert sind. An Einschlüssen sind sie arm; Magnetite, Picotite und Gasporen waren zu beobachten. Randlich ist der Olivin bisweilen in hellgrünen Serpentin umgewandelt. Als Akzessorien spielen die Hauyne eine größere Rolle, deren quadratische und langgezogen rechteckige Formen ebenfalls stark unregelmäßig korrodiert sind.

Digitized by Google

Die Schnitte erweisen sich als isotrop. Die Randpartien sind vielfach farblos, während das Innere erfüllt ist von einem dichten, dunklen Staub, seltener einem Strichsystem. Der Nachweis von Hauyn konnte auch chemisch geführt werden, da das Gesteinspulver sich als SO_3-haltig zu erkennen gab und aus der Lösung, die man durch Auskochen mit HCl erhielt, mittels Chlorbaryum weißes Baryumsulfat ausgefällt wurde.

Eine Bauschanalyse des Nephelinbasaltes vom Scheft lieferte folgende Werte:

SiO_2	39,94
Al_2O_3	14,75
Fe_2O_3	7,68
FeO	4,76
CaO	15,37
MgO	12,14
K_2O	1,46
Na_2O	2,90
Glühverlust	1,84
	100,84
Spez. Gew.	3,09

Die Typenformel nach Osann würde lauten

$$S_{42,47}\, a_{1,7}\, c_{2,3}\, f_{16}\, n_{7,5}.$$

Sie wäre am besten dem Typus Rossberg[1] der Nephelinbasalte einzureihen mit

$$S_{44}\, a_2\, c_2\, f_{16}.$$

Auffällig ist an der Analyse der große Gehalt an CaO, welches dem so reichlich vertretenen Augit zuzuschreiben ist, ferner an MgO, das einerseits ebenfalls dem Augit entstammt, anderseits den großen Olivineinsprenglingen. Ähnliche hohe Werte zeigte aber auch der Nephelinbasalt von Oberleinleiter[2] mit 15,30 % CaO und 13,74 % MgO bei 39,16 % SiO_2. Verhältnismäßig groß erscheint die Menge von Al_2O_3, doch ist hierbei zu berücksichtigen, daß die nicht bestimmten Quantitäten von TiO_2, P_2O_5 und MnO in der Hauptsache sich bei ihr finden und daher der Gehalt an Al_2O_3 in Wirklichkeit geringer ist.

[1] Min.-petr. Mitt. 1901. **20**. 482.

[2] Der Nephelinbasalt von Oberleinleiter, von Dr. A. Leppla und A. Schwager. Geogn. Jahresh. Kassel 1888. **1**. 69.

Digitized by Google

Jokély spricht die Vermutung[1] aus, daß alle die genannten Basaltergüsse zusammen mit dem weiter nach W. im Bleigrunde bei Graslitz liegenden Kleehübl einer gemeinsamen Bruchlinie angehören, die in fast gerader Richtung von W. nach O. verläuft. Weitere Basalteruptionen in näherer Umgebung haben nur im W. auf der Nachbarsektion Zwota stattgefunden, von denen jedoch M. Schröder[2] auch hervorhebt, daß sie „eine kontinuierliche Reihe bilden". Diese nicht unwahrscheinliche Annahme würde vielleicht durch die chemische Zusammensetzung der einzelnen Kuppen eine gewisse Unterstützung erfahren, insofern derselben eine symmetrisch abweichende Beschaffenheit eigen zu sein scheint, wie sich bereits aus ihrem Mineralbestande schließen läßt. Die äußerste Kuppe im W. — der Kleehübl — besteht aus einem Melilith- und Nephelinbasalt, also nach aller Erfahrung einem recht basischen Gestein; als die nächsten folgen der Flöß- und Kernberg mit Magmabasalt und Nephelinbasanit, in denen eine Anreicherung an SiO_2 vorzuliegen scheint, die im letzteren ihren Höhepunkt erreicht. Nach O. zu fällt der SiO_2-Gehalt wieder in den Nephelinbasalten, unter denen der Scheft die letzte Stelle einnimmt. Zur Bestätigung dieser Angaben wurde von den einzelnen Vertretern der Basaltreihe die Menge der SiO_2 chemisch bestimmt, wobei sich folgende Werte ergaben:

Kleehübl (melilithführender Nephelinbasalt)	38,53 SiO_2	(und 14,20 CaO)
Flößberg (Magmabasalt)	41,77 „	
Kernberg (Nephelinbasanit)	44,05 „	
Hinken Bil (Nephelinbasalt)	40,92 „	
Kappen Bil „	40,09 „	
Zuleger Bil „	40,02 „	
Scheft „	39,94 „	
		(und 15,37 CaO, 12,14 MgO)

Es bildet also der Kernberg sowohl die Mitte des ganzen Zuges, als auch das SiO_2 reichste Gestein, jenseits dessen nach O. zu die SiO_2 ebenso wieder abnimmt, wie sie von W. her bis zu ihm zugenommen hat.

[1] Jokély, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1857. p. 72.

[2] Erläuterungen zu Sektion Zwota. p. 27.

Digitized by Google

B. Die Einschlüsse in den Basalten.

Die genannten Basalte erweisen sich besonders beachtenswert infolge der mannigfaltigen Einschlüsse, die sie umhüllen. Zu ihrem Studium eignen sich natürlich am besten diejenigen der Kuppen des Flöß- und Kernberges, da diese durch die Brucharbeit am günstigsten aufgeschlossen sind und das frischeste Material liefern. Man kann diese Einschlüsse einteilen in solche exogener Natur, Bruchstücke fremden Nebengesteins, die beim Durchbruch des Basaltes mit emporgerissen wurden, und solche endogenen Charakters, Urausscheidungen aus dem basaltischen Magma selbst. Erstere wiegen bei weitem vor. Makroskopisch ist ihre Trennung nicht immer ohne weiteres durchführbar, das mikroskopische Bild aber läßt deutlich den Ursprung eines jeden Einschlusses erkennen.

1. Exogene Einschlüsse.

Literatur über exogene Einschlüsse ist überaus reich vorhanden. Unter allen verdient in erster Linie das klassische Werk von Lacroix, „Les Enclaves des Roches Volcaniques", Macon 1893, Erwähnung, das eine eingehende Behandlung aller damals bekannten Fundpunkte solcher Einschlüsse bietet. Seine Angaben waren es hauptsächlich, die zum Vergleiche mit dem vorliegenden Materiale herangezogen wurden. Es möge daher besonders auf dies Werk verwiesen werden, um im folgenden öftere Hinweise zu ersparen.

Diese exogenen Einschlüsse gestatten bei ihrer Betrachtung schon mit dem bloßen Auge wieder eine Gliederung in drei Gruppen. Am häufigsten findet man solche mit richtungslos-körniger Struktur, die sich sofort als ehemalige Granitbrocken zu erkennen geben. Man kann bei diesen Granit-einschlüssen deutlich Quarze und Feldspate wahrnehmen, zwischen denen sich eine dunkle, glasige Substanz befindet, welche an die Stelle des fehlenden Glimmers getreten zu sein scheint. Hierdurch unterscheiden sich diese Einschlüsse vollständig von den z. B. in rheinischen Basalten[1] vorkommenden sogen. Graniteinschlüssen, die in Wirklichkeit (endogene)

[1] Vergl. F. Zirkel, Über Urausscheidungen in rheinischen Basalten. Abh. d. math.-phys. Kl. d. k. sächs. Ges. d. Wiss. 28. 175.

Digitized by Google

Quarz-Feldspataggregate sind, indem in ihnen keine Spur von Glimmer oder von einem kaustischen Umwandlungsprodukt desselben enthalten ist.

Andere Einschlüsse zeigen eine schöne Schieferstruktur und werden als Schiefereinschlüsse betrachtet. Ferner finden sich zahlreiche angeschmolzene Fragmente, die seltener eine schwache Schieferung aufweisen, aber stets ein feinkörniges, quarziges Gemenge darstellen, die Quarziteinschlüsse. Entsprechend ihrer Lage enthalten die Basaltkuppen des Kernberges und der kleineren östlichen Erhebungen vorwiegend nur Graniteinschlüsse (einige wenige Quarzitbruchstücke, die sich am Kernberg fanden, dürften Teile eines mächtigen Quarzganges darstellen, der hier den Granit durchzieht), der Flößberg dagegen, welcher teils auf Granit, teils auf Phyllit aufsitzt, führt Fragmente dieser beiden Gesteine. Auch die Quarziteinschlüsse treten in der Hauptsache nur bei ihm auf, da sie den zahlreichen quarzitischen und Quarzitschiefereinlagerungen entstammen, welche den Schiefer hier in der Nähe der Granit-Phyllitgrenze durchschwärmen. Was die Menge der Einschlüsse betrifft, so scheint die kleinere Kuppe des Flößberges, besonders an ihrem südlichen Teile dem phyllitischen Schiefer zu, reicher an ihnen zu sein als der Basaltkegel des Kernberges.

Die Einschlüsse sind ihrer Gestalt und Größe nach recht verschieden. Bald zeigen sie vollständig abgerundete Formen, bald stoßen sie scharfkantig gegen den angrenzenden Basalt ab und haben ihre ursprünglichen Bruchstückumrisse deutlich erhalten. Letzteres gilt besonders von den Quarziteinschlüssen. Die größeren werden in der Hauptsache von den Granitfragmenten gebildet und haben meist kugelige Formen. Man findet zahlreiche von über Kopfgröße — es wurden solche gemessen mit einem Durchmesser von 0,30 m —, andere von fast mikroskopischer Kleinheit. Die Verteilung ist im allgemeinen eine gleichmäßige ohne Rücksicht auf Größe und Form, auch konnte eine Anreicherung nach der Oberfläche der Kuppe zu, wie sie Beyer[1] beschreibt und mit dem geringeren spezifischen Gewicht des Granites in Verbindung

[1] O. Beyer, Der Basalt des Großdehsaer Berges und seine Einschlüsse. Min.-petr. Mitt. 10. Heft 1. Inaug.-Diss. p. 47.

Digitized by Google

bringt, nicht beobachtet werden. Doch finden sich hier und da rundliche Stellen von einem Durchmesser bis zu 1,30 m, die geradezu durchspickt sind mit größeren und kleineren Einschlüssen. Die Erklärung dieser Erscheinung ist wohl darin zu suchen, daß durch Strömungen im Magma die Einschlüsse an solchen Stellen zusammengeschwemmt wurden, vielleicht dadurch begünstigt, daß sich hier eine größere Gesteinsscholle befand, welche die Strömung hemmte und die entgegenkommenden Bruchstücke zurückhielt. Auch sie wurde allmählich in kleinere Fragmente zersprengt, doch hatte sich der Basalt dann bereits so weit verfestigt, daß eine weitere Fortbewegung der Bruchstücke nicht mehr möglich war. Durch einzelne Einschlüsse, auch größere, wird die Säulenbildung nicht im mindesten gestört, sie setzt vielmehr mitten durch das Bruchstück hindurch, und man kann die bemerkenswerte Erscheinung wahrnehmen, daß solche große Fragmente in der Mitte gespalten wurden, so daß beide Hälften durch die Kluftflächen zweier benachbarter Säulen voneinander getrennt sind. Auch Sprünge waren zu beobachten, welche sich vom Einschluß aus radiär in den Basalt erstrecken und ihre Entstehung der ungleichen Spannung infolge der Kontraktion des Basaltmagmas und des mehr oder weniger eingeschmolzenen Bruchstückes verdanken. Die unangegriffenen Einschlüsse sind mit dem Nebengestein innig verwachsen, so daß beim Abschlagen stets Fetzen davon haften bleiben. Die meisten von ihnen führen aber an der Grenze gegen den Basalt eine dunkle, glasglänzende Rinde, welche oft bei den Granitfragmenten zu einer gelblichen erdigen Substanz verwittert ist. Dann läßt sich der Einschluß leicht aus dem umhüllenden Gestein herauslösen oder bröckelt von selbst heraus.

a) Graniteinschlüsse.

Unter allen diesen exogenen Einschlüssen sind die granitischen am zahlreichsten vertreten. Durch ihre richtungslosk örnige Struktur und ihre mineralischen Bestandteile — Quarze und Feldspate mit einer dunklen Zwischenmasse — unterscheiden sie sich sofort von den übrigen Einschlüssen. Ihre Ausbildungsweise ist meist mittel- oder kleinkörnig, seltener grobkörnig; porphyrartige Feldspate sind hier und da zu be-

Digitized by Google

obachten. Der Quarz hat seinen Fettglanz und muscheligen Bruch bewahrt, zeigt aber eine gelbe bis bräunliche Färbung, welche auf die zahlreichen mikroskopischen Interpositionen zurückzuführen ist. Auch die Feldspate haben eine gelbliche Farbe angenommen und lassen einen glasartigen Glanz auf ihren Spaltflächen erkennen.

Glimmer ist stets als solcher verschwunden, da er der schmelzenden Wirkung am ehesten anheimfiel. Er hat in der Hauptsache das Material zu der glasigen, grünlichen bis schwarzen Zwischenmasse geliefert, während die Quarze und Feldspate nur angeschmolzen wurden. Zu einer vollkommenen Einschmelzung der Graniteinschlüsse, wie sie an anderen Orten beobachtet wurde, scheint es hier nicht gekommen zu sein. Zerspratzte Reste von Quarz und Feldspat finden sich stets erhalten, wenn auch oft stark korrodiert. Bei genauem Betrachten der Handstücke gewahrt man, besonders innerhalb der dunklen Schmelzmasse[1] und der Feldspate, eine große Anzahl winzigster Gasporen, die ihre Entstehung wohl einerseits der Verflüchtigung der Flüssigkeitseinschlüsse in den Quarzen und Feldspaten, anderseits der Verdampfung des Wassergehaltes im Glimmer verdanken. Größere Dimensionen bis zu einigen Kubikzentimetern gewinnen diese Hohlräume nur in der Nachbarschaft der Feldspateinsprenglinge, die den entgegenkommenden Gasblasen den Weg versperrten und so eine Ansammlung derselben verursachten. Bei der allmählichen Abkühlung und Verdichtung dieser Gase tropfte die Schmelzmasse in die Blasen hinein und lieferte bei der Erstarrung stalaktiten- und stalagmitenartige Gebilde, wie an einigen solchen Hohlräumen wahrzunehmen war.

Infolge der Verglasung der Gemengteile haben die Granitbruchstücke eine beträchtliche Verminderung ihres spezifischen Gewichtes erfahren; die Einschlüsse weisen ein Gewicht von 2,45—2,5 auf, während normale Granite im allgemeinen ein solches von 2,6—2,75 besitzen.

Quarz. U. d. M. heben sich die Quarzkörner meist durch ihr frisches Aussehen deutlich von den Feldspaten und

[1] Der Kürze halber ist in folgendem das Produkt der verfestigten Schmelzmasse, welche von verschiedenen Gemengteilen geliefert wurde, als „Schmelzmasse" bezeichnet.

Digitized by Google

der zwischen beiden befindlichen dunklen glasigen Masse ab. Sie zeigen fast alle undulöse Auslöschung, stellenweise auch einen Brecciensaum, was auf Druckwirkungen seitens des Magmas hindeutet. Zahlreiche Spalten durchziehen sie, in welche die Schmelzmasse eindrang; andere zerbarsten, und ihre Bruchstücke sind jetzt durch mehr oder weniger breite Glasstreifen voneinander getrennt. Einkerbungen und Einbuchtungen der einzelnen Individuen lassen den Vorgang der Schmelzung erkennen, die vielfach nur skelettähnliche Formen zurückgelassen hat. Flüssigkeitseinschlüsse konnten in diesen Quarzen nicht nachgewiesen werden, so daß diese anscheinend alle infolge der hohen Temperatur verdampft wurden. An ihre Stelle sind eine Unmenge Gasblasen getreten, denen sich oft ebenso zahlreich Glaspartikel zugesellen, wodurch die Quarze bisweilen auch im Mikroskop eine gelbliche Farbe annehmen. Diese Interpositionen sind meist regellos verteilt, oft aber auch in Zügen angeordnet, die sich in mehrere benachbarte Körner fortsetzen. Die Glaseinschlüsse weisen die verschiedenartigsten Gestalten auf, birnenförmig, schlauchartig, verästelt, auch negative Kristalle und sind teils farblos, teils besitzen sie einen bräunlichen Ton. Sie führen öfter unbewegliche Gasblasen und umschließen manchmal farblose, längliche Kriställchen. Es handelt sich hier zweifellos um sogen. sekundäre Glaseinschlüsse. Ein Teil von ihnen dürfte sicherlich entstanden sein infolge der Einschmelzung von primären Einschlüssen der Quarze, etwa Biotitlamellen, wie sie Pöhlmann (dies. Jahrb. 1888. II. 87) eingeschmolzen fand in den Quarzen der vom Kersantit umhüllten Bruchstücke. Auf solche Biotitinterpositionen sind die violetten Glastümpel zurückzuführen, aus denen Spinelle und Augite auskristallisiert sind, was innerhalb einiger Quarzindividuen beobachtet werden konnte. Die Glaspartikel treten aber bisweilen so zahlreich auf, besonders in den Quarziteinschlüssen, daß diese Annahme eine solche Menge von Interpositionsmineralien voraussetzen müßte, wie sie bei den normalen Gesteinen in Wirklichkeit niemals beobachtet wurde. Obwohl man nur ganz selten eine Verbindung der Glaspartikel mit der umgebenden Schmelzmasse wahrnimmt, dürften sie doch z. T. von ihr abstammen und auf allerfeinsten Kapillarspältchen,

Digitized by Google

die beim Verdampfen der Flüssigkeitseinschlüsse entstanden, in das Innere eingedrungen sein.

Feldspat. Die Feldspate haben eine schmutziggraue bis gelbe Farbe angenommen und erscheinen vollkommen getrübt, was durch eine Unmenge kleinster Interpositionen hervorgerufen wird, die auch bei der stärksten Vergrößerung nur schwer auflösbar sind. In der Hauptsache scheinen es winzige Gasporen zu sein, denen sich oft gelbliche Glaseinschlüsse zugesellen. An manchen Stellen vereinigen sich diese Interpositionen zu größeren faserigen und blätterigen Aggregaten, die entweder regellos durch das Korn verteilt sind oder sich besonders in der Mitte anhäufen. Bei Plagioklasen lagern sie sich manchmal parallel den Zwillingsstreifen. Große Gasporen, mit sekundären Mineralien ausgefüllt, finden sich überall. (Diese und andere Neubildungen werden in einem folgenden Abschnitte behandelt.)

Viele Feldspate sind, wenn auch nicht so intensiv wie die Quarze, in einzelne Fragmente zerborsten, und das ganze Individuum ist von unregelmäßigen Sprüngen durchzogen. Auf ihnen konnte die Schmelzmasse eindringen und löste hier und da Feldspatsubstanz heraus. Wir finden daher mitten in den Feldspaten oft eingeschmolzene Stellen, die jedoch mit den „Lösungsräumen" Bäckström's[1] nichts gemeinsam haben; in einem Falle zeigte ein solches Korn ganz zerfressenes Aussehen. Manche der Individuen lassen außer den obengenannten Erscheinungen nur noch Korrosionswirkungen erkennen, ihre Ränder weisen abgerundete Formen auf, andere aber, und zwar die Mehrzahl, haben interessante strukturelle Umänderungen erfahren. An ihnen kann man sehr schön die bekannte „Körnelung" der Feldspate beobachten. Sie wurde hervorgerufen durch eine Zerteilung der Individuen parallel zu den beiden Hauptspaltungsrichtungen. Die Spaltrisse öffneten sich, die Schmelzmasse drang ein, und der Kristall erweist sich infolgedessen in kleine rechteckige Täfelchen zerfällt, die sich am Rande ablösen und zu einem farblosen Glas einschmelzen. Solche Rechtecke erreichen eine Länge von 0,012 mm und eine Breite von 0,005 mm. Die einzelnen

[1] Bäckström, Bihang till k. Svenska Vet.-Akad. Handlingar. 16. Afd. II. 1890.

Digitized by Google

Felder heben sich sehr deutlich hervor, besonders an den Randpartien, wo sich innerhalb der feinen Schmelzlinien, welche sie begrenzen, eine Unmenge winzigster Mineralindividuen ausgeschieden haben und hier gewissermaßen das Zement bilden, das den Feldspat zusammenhält. Diese Veränderung hat bisweilen das ganze Korn ergriffen, oft ist sie aber auch nur randlich sichtbar. Solche gekörnelte oder chagrinierte Individuen weisen niedere Polarisationsfarben auf, die nach dem Rande zu immer schwächer werden und an den bereits losgelösten Täfelchen nur noch ein Blau zeigen. Von Einschlüssen ist der so umgewandelte Feldspat vollkommen frei, dahingegen machen sich gern am Rande rundliche, an perlitische Absonderung erinnernde Sprünge bemerkbar, wie sie in der glasigen Schmelzmasse oft zu finden sind. Von allen Feldspaten scheint der Orthoklas am leichtesten einzuschmelzen, weniger Plagioklas; Mikroklin, der in den normalen Graniten nicht festgestellt werden konnte, wurde einmal beobachtet und ließ hier keine Einwirkung erkennen.

Schmelzmasse (s. die Anmerkung auf p. 500). Die Schmelzmasse tritt als rein glasige oder zur Hauptsache aus Glas bestehende Substanz dem Beschauer überall im Präparat entgegen. Als mehr oder weniger schmaler Streifen zieht sie sich an den Stellen hindurch, wo Quarz neben Feldspat liegt, und bildet da größere Tümpel, wo ein Glimmerblättchen einschmolz. Während sie sonst farblos ist, zeigt sie hier einen bräunlichen bis violetten Ton, der allmählich an Helle zunimmt. Die Färbung dürfte zurückzuführen sein auf den Gehalt an Fe, welcher hier dem Glimmer entstammt. Jener Übergang ist ebenfalls in der Nachbarschaft des Basaltes zu beobachten, wo sich das ein violettes Glas liefernde basaltische Magma mit der farblosen Schmelzmasse des Einschlusses mischte. In diesen Fällen zeigt die intermediäre Schmelzmasse, infolge ihrer durch die Beteiligung von Basaltmagma hervorgerufenen größeren Basizität auch eine bedeutend stärkere Lösungsfähigkeit gegenüber den granitischen Gemengteilen; Quarze und Feldspate sind dann intensiver eingeschmolzen als sonst. Das Glas ist von zahlreichen unregelmäßigen, oft auch perlitischen Sprüngen durchzogen und hat

Digitized by Google

da, wo die Schmelzmasse zwischen die Quarzindividuen eindrang und sich als dünne Haut ausbreitete, infolge der Kontraktionsrisse bei der Abkühlung maschenartige Struktur angenommen.

Eine Entglasung der Schmelzmasse ist oft zu beobachten, doch bei weitem nicht in dem Maße, wie sie sich bei den später zu erörternden Quarziteinschlüssen findet. Meist sind es nur zierliche, haarförmige Mikrolithen, die vereinzelt das Glas durchspicken, seltener reichern sie sich so an, daß sie ein dichtes Filzwerk bilden und das Glas undurchsichtig machen. Eine Umsetzung der Schmelzmasse in rotes Eisenoxyd und braungelbes Eisenoxydhydrat ist nicht gerade häufig erfolgt, dann findet sie sich gern auf Sprüngen innerhalb der Quarze.

Bemerkenswert ist die große Menge von kugeligen Gebilden, welche überall in der Schmelzmasse liegen und meist in der Farbe von ihr abweichen. Oft scharen sie sich zusammen. Es sind ehemalige Gasporen, wie sie ebenso innerhalb der Feldspate beobachtet wurden. Sie sind von den verschiedenartigsten, sekundären Mineralien ausgefüllt. Bisweilen ist in einem solchen Hohlraume nur ein einziges Mineral vertreten, das ein Carbonat sein kann, ferner eine Substanz von blaßrötlichgelbem bis grünem Aussehen, die im parallelen polarisierten Licht ein feststehendes, schwarzes Interferenzkreuz zeigt und optisch — ist, wahrscheinlich Chalcedon. An anderen Stellen finden sich anscheinend isotrope Mineralien, welche eine rauhe, wulstartige Oberfläche haben und die verschiedensten Farben aufweisen; da gibt es schmutziggrüne, gelbe, rote, violette, graue und auch farblose. Manche führen randlich eine ringartige Zone, die in der Farbe von dem Innern etwas abweicht und manchmal auch unbestimmte Polarisationsfarben erkennen läßt. Dieser Ring scheint aus einer anderen Substanz zu bestehen, zumal man öfter solche Kugeln findet, in denen beim Präparieren das Zentrum herausgebrochen ist, die Randzone aber vollkommen erhalten blieb. Prohaska[1] beschreibt ähnliche Ausfüllungs-

[1] Prohaska. Über die Basalte von Kollnitz im Levanttale und dessen glasige cordieritführende Einschlüsse. Ber. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Math.-nat. Kl. 1885. 92. I. p. 20.

Digitized by Google

massen und vermutet darin eine Abscheidung von Opal, der von einer Chalcedonhülle umgeben ist. Ganz die gleiche Erscheinung beobachtete C. v. John[1]. Beyer[2] bezeichnet diese Gebilde als „Glasblasen". In einem Präparate wurde ein anscheinend isotropes, grasgrünes Mineral von niederer Lichtbrechung festgestellt, das entweder allein oder mit Carbonaten zusammen den Hohlraum erfüllte. Mit HCl behandelt erwies es sich als löslich und gelatinierte. Hier dürfte es sich vielleicht um einen Vertreter der Chloritgruppe handeln, dessen intensive Eigenfarbe die niederen Polarisationsfarben verdeckt.

Neubildungen. In unmittelbarem Zusammenhange mit den An- und Einschmelzungen sind mineralische Neubildungen von mancherlei Art vonstatten gegangen. Für die Menge der Ausscheidungen ist die chemische Beschaffenheit der Schmelzmasse von großer Bedeutung. Am Rande des Einschlusses, wo sich das basische Basaltmagma mit dem aziden Schmelzprodukt des Granites mischen konnte, waren die Bedingungen für die mineralischen Neubildungen günstiger als im Innern des Einschlusses, und hier wieder mehr an den Stellen, wo ein basischer Glimmer einschmolz, als dort, wo nur Quarz und Feldspat korrodiert wurden. Solche Mineralien haben sich entweder direkt aus der Schmelzmasse ausgeschieden, welche die Zwischenräume zwischen den noch erhalten gebliebenen Bestandteilen erfüllt, oder sie finden sich im Innern der Feldspate da, wo dieselbe auf Spalten eindringen konnte.

Unter allen Neubildungen spielt der Feldspat die erste Rolle; er ist stets vertreten. Zunächst hat oft eine Rekristallisation der alten Feldspate stattgefunden. Sowohl an die korrodierten als auch an die gekörnelten Individuen setzen sich kleine Täfelchen von annähernd rhombischer Gestalt an und zwar so, daß ihre Konturen parallel den Spaltungslinien im Feldspat gehen. Entlang der Peripherie des Mutterkristalls reihen sie sich nebeneinander, so daß dieser ein stufen- oder zahnartiges Aussehen erhält. Vielfach scheinen

[1] C. v. John, Über Gabbro- und Granititeinschlüsse im Basalt von Schluckenau. Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1902. p. 156.

[2] Beyer, Min.-petr. Mitt. 10. Heft 1. Inaug.-Diss. p. 23.

Digitized by Google

solche Feldspate als Kristallisationserreger gewirkt zu haben, denn nun plötzlich schießt auch eine Menge anderer Mineralien hervor, besonders Spinelle und Eisenerz, letzteres oft in Stäbchenform, und legen sich an ihre Ränder an. Die sich nach ihnen noch weiter ausscheidenden Feldspate umhüllen entweder diese winzigen dunklen Kriställchen oder sie bilden, an ihrem Wachstum in die Breite gehindert, lange Nädelchen, welche sich senkrecht zu den Rändern der Täfelchen anordnen, zwischen sich die dunklen Mineralien lassend (s. Taf. XVI Fig. 1). Vielfach entstehen auch haarähnliche Mikrolithe, die von der Strömung des Schmelzflusses gebogen werden und, in derselben Lage erstarrt, einen deutlichen Beweis für seine Fluktuation liefern. In anderen Fällen lagert sich an den Mutterkristall einfach kompakte Feldspatsubstanz an, welche farblose oder bräunliche, anscheinend glasige Fasern und Nadeln in sich einschließt, die seltsamerweise alle untereinander parallel sind und senkrecht zum Rande des ursprünglichen Feldspats verlaufen, so daß dieser einen kammähnlichen Anblick gewährt. Seltener findet auch im Innern des Feldspates eine Rekristallisation statt, die in ähnlicher Weise wie oben verläuft, indem sich an beiden Seiten einer Spalte Täfelchen ansetzen, welche schließlich in der Mitte zusammenstoßen. Die Lücken zwischen ihnen werden dann von anderen Neubildungen ausgefüllt (s. Taf. XVI Fig. 2). Diese neuen Feldspate sind in den meisten Fällen mit dem Mutterindividuum gleich orientiert, auch die Zwillingsstreifen setzen in sie über; sie unterscheiden sich aber von ihm auf den ersten Blick durch ihre Frische sowie durch ihre Einschlüsse von anderen Neubildungen und von Glas.

Häufiger aber noch findet sich der Feldspat selbständig innerhalb der Schmelzmasse entstanden und zwar besonders in der Nähe der Basaltgrenze. Da tritt er auf in langen Leistenformen, bisweilen nur einfach, meist aber polysynthetich verzwillingt; diese durchkreuzen sich vielfach oder bilden farnwedelähnliche Figuren. In anderen Fällen hat er die Gestalt rechteckiger Täfelchen oder auch langer Nädelchen, die sich zu sphärolithartigen Aggregaten anordnen können. Hier ist ebenfalls wieder die Beobachtung zu machen, daß die anderen Neubildungen sich den Feldspaten anlagern und

Digitized by Google

von ihnen eingeschlossen werden. Hat sich z. B. ein kleines Täfelchen ausgeschieden, so zeigt sich seine Peripherie meist dicht besetzt mit Spinellen, Eisenerzpartikeln und Augiten; neue Feldspatmasse umwächst ein solches Täfelchen oder mehrere und an ihren Rändern befindet sich wieder eine Schar anderer Mineralien. Wird diese nun abermals von Feldspatsubstanz umhüllt, so entstehen die verschiedenartigsten Formen. Wir finden daher die Feldspate oft kassettenartig ineinander geschachtelt, auch rahmenartig oder trichterförmig ausgebildet (s. Taf. XVI Fig. 3). Ähnliche Feldspatausscheidungen von anderen Orten sind schon mehrmals beschrieben worden, so z. B. von Lacroix (l. c. p. 57).

Was den Charakter dieser selbständigen Feldspate betrifft, so dürften sie in der Hauptsache dem Plagioklas zuzurechnen sein. An zahlreichen Kristallen wurden Vergleiche der eigenen Lichtbrechung mit der des Canadabalsams angestellt nach dem Becke'schen Verfahren mittels starker Abblendung bei zentraler Beleuchtung und in allen Fällen gefunden, daß diejenige des Feldspates höher ist als die des Balsams, d. h. daß sie die Lichtbrechung eines basischen Plagioklases aufweisen. An zwei Querschnitten von Leisten, die genau rhombische Gestalt besaßen und annähernd senkrecht zu M und P geschnitten waren, wurden Auslöschungen von 21° und 23° im spitzen Winkel gemessen. Das würde nach Becke[1] einem basischen Plagioklas zwischen Andesin und Labradorit entsprechen.

Diese neugebildeten Feldspate lagern sich oft aneinander an und können stellenweise so zahlreich auftreten, daß das ganze Gesichtsfeld schon bei schwacher Vergrößerung von ihnen vollkommen erfüllt ist (s. Taf. XVI Fig. 3).

Als Interposition in den Feldspatkristallen sowie in der Schmelzmasse selbst, und dort, wo diese die Feldspatsubstanz aus dem Innern eines primären Kornes herausgelöst hat, bemerkt man oft ein farbloses Mineral, das in kleinen, dünnen Täfelchen auftritt und sehr hohe Lichtbrechung hat. Sie zeigen meist rundliche Konturen, viele haben auch sechsseitige Gestalt und drängen sich manchmal dicht zusammen,

[1] Becke, Min.-petr. Mitt. 18. 556.

Digitized by Google

sich gegenseitig überschiebend. Die größten unter ihnen sind in diagonaler Richtung bis zu 0,034 mm lang. Die sechsseitigen Kristalle erweisen sich im polarisierten Licht als isotrop, während schmale Leistchen, als Schnitte senkrecht dazu, schwache Polarisationsfarben erkennen lassen und gerade auslöschen. Sollte es sich hier um Korund handeln, der ja als Neubildung in eingeschmolzenen Einschlüssen schon öfter gefunden wurde? So beschreiben Vogelsang[1] in den Einschlüssen der Eifeler Andesite und Salomon[2] im Tonalit des Monte Aviólo tafelförmige Korunde. Auch Dannenberg[3] berichtet von solchen in metamorphen Graniteinschlüssen, der aber hier weniger in Täfelchen auftritt.

Mit ihm meist zusammen und besonders gern die chagrinierten Feldspate durchspickend finden sich farblose Kristallnädelchen, die oft in eine Spitze auslaufen, manchmal aber wie abgebrochen erscheinen. Eine Absonderung senkrecht zur Längsrichtung ist bisweilen angedeutet. Diese Nädelchen haben ebenfalls hohe Lichtbrechung und zeigen im polarisierten Licht bei gerader Auslöschung hohe Farben. Bei Anwendung des Gipsblättchens erweisen sie sich als optisch +. Nach ihrem ganzen Aussehen dürften es Sillimanitnädelchen sein. Büschelförmige Verwachsungen und kleinere Haufwerke wechseln ab mit vereinzelt im Glase liegenden Individuen, welche eine Länge von 0,164 mm bei einer Breite von 0,001 mm erreichen. Charakteristisch ist für sie die Vergesellschaftung mit den Korundtäfelchen und das Auftreten in den von der Schmelzmasse heimgesuchten Feldspaten. Dannenberg (l. c. p. 31) fand in metamorphen Feldspateinschlüssen ähnliche Nädelchen als Interpositionen, hält sie aber für Apatit. Bauer[4] beobachtete in einem vom Basalt umhüllten Feldspatgemenge ebenfalls Sillimanitnädelchen, vermutet aber, weil solche auch in einem dort auftretenden Cordieritgesteine vorkommen, daß diese Feldspatgruppe ein Teil dieses Gesteins ist; er fügt

[1] Vogelsang, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1890. p. 30.

[2] Salomon, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1890. p. 526.

[3] Dannenberg, Studien an Einschlüssen in den altvulkanischen Gesteinen des Siebengebirges. Min.-petr. Mitt. 1894. 14. 70.

[4] Bauer, Der Basalt vom Stempel bei Marburg und einige Einschlüsse desselben. Dies. Jahrb. 1891. II. 257.

Digitized by Google

jedoch hinzu, „es ist aber an ihr keine Spur von Cordierit zu erkennen".

Der Pyroxen spielt in den Graniteinschlüssen im Verhältnis zum Feldspat als Neubildung eine recht untergeordnete Rolle. Im Innern des Einschlusses ist er nur da zu finden, wo farbiges Glas auftaucht. Dann hat er sich kranzartig den benachbarten Quarzen angelagert, bildet aber meist nur kleine Kriställchen. Auch in der Nähe des Basaltes hat er sich nicht gerade häufig ausgeschieden und tritt nur da reichlicher auf, wo ein Quarzkorn gegen die Grenze stößt. Stets ist er im Gegensatz zu dem basaltischen Augit vollkommen farblos, trägt aber wie er monoklinen Charakter.

Besonders zahlreich sind in der Mitte des Einschlusses Spinelle auskristallisiert, welche die Augite oft begleiten. Sie binden sich einerseits gern an die Peripherie der angeschmolzenen Feldspate und haben dann ein lichtes Aussehen, farblos bis hellgrün; auch finden sie sich bisweilen im Innern solcher Feldspate. Anderseits jedoch erscheint der Spinell in der farbigen Schmelzmasse, die er häufig in dichten, fast opaken Schwärmen durchquert (s. Taf. XVI Fig. 4). Hier ist er auch dunkler gefärbt, wohl infolge größeren Fe-Gehaltes, das ihm dieses Glas reichlich bot. Meist ist er in kleinen Körnern ausgebildet, oft aber auch in schönen Kristallen, O allein oder mit ∞O und ∞O∞ kombiniert und zahlreiche Zwillinge. Die verschiedensten Farben sind ihm eigen, wie violett, rot, braun, grün, gelb und diese in mannigfachen Abtönungen. — Neben den Spinellen stellen sich manchmal Magnetitoktaeder ein, welche sie vollkommen verdrängen können, und an der Grenze gegen den Basalt gesellt sich Titaneisen hinzu. Beide treten häufig auch als Körner auf und sind dann schwer voneinander zu unterscheiden. Sie nehmen gern zerhackte und gestrickte Formen an, bilden Stäbchen, die am Ende keulenartig anschwellen, oder ordnen sich als feine Härchen farnwedelartig an und geben sich in solchen Gestalten hauptsächlich als die Einschlüsse zu erkennen, welche den neugebildeten Feldspaten in der Nachbarschaft des Basaltes jenes charakteristische Aussehen im Mikroskop verleihen.

Mit ihnen finden sich in der Kontaktzone sowohl auf seiten

Digitized by Google

des Einschlusses als auch ganz besonders am Basalt dünne Blättchen und lange schmale Leistchen, die vollkommen unregelmäßig, zerlappt und oft aufgeblättert sind; selten können einmal Andeutungen eines sechsseitigen Umrisses bemerkt werden. Sie sind von regellosen Spalten durchzogen, stets durchscheinend mit nelkenbrauner Farbe und in den meisten Fällen bei den Leistenformen stark pleochroitisch von rotbraun nach gelb. Das Mineral zeigt sich doppelbrechend, doch werden die Polarisationsfarben stark von der Eigenfarbe verdeckt. Allem Anschein nach dürfte es sich hier um den sogen. Titaneisenglimmer, die glimmerähnliche Varietät des Ilmenits, handeln.

Auch noch ein anderes titanhaltiges Mineral pflegt nur selten in der Schmelzmasse zu fehlen, das ist der Rutil. Er tritt neben dem Spinell, oft aber auch allein, in Nestern und Schwärmen auf. Von den stets farblosen Augiten unterscheidet er sich sofort durch seine starke Lichtbrechung, seine goldgelbe manchmal auch dunkle, fast opake Färbung und die hohen Polarisationsfarben mit + Charakter bei gerader Auslöschung. Die ihm eigentümliche Längsstreifung, unregelmäßige, bisweilen gabelförmige Enden, Herz- und Kniezwillinge lassen keine Verwechslung mit anderen Mineralien zu. Auch hier ist eine basische Absonderung an vielen der Prismen deutlich festzustellen, wie sie bereits Beyer[1] hervorhebt.

Neben den genannten Mineralien finden sich in der Schmelzmasse noch eine Unmenge von Mikrolithen, deren genaue Bestimmung unmöglich ist (vielleicht vielfach Pyroxen); sie lassen die zierlichsten oft beschriebenen Gestalten erkennen (s. Taf. XVI Fig. 4).

Allen diesen Neubildungen ist die Eigenschaft gemeinsam, sich aneinander anzulegen, wie vorhin schon beim Feldspat erwähnt wurde. Aber auch die kleineren Individuen, wie Spinelle, Eizenerze, Rutile und Augite, verwachsen miteinander. So finden wir Magnetitoktaeder, an die sich sternenförmig kleine Augitnädelchen angeheftet haben; in anderen Fällen Spinellkristalle, denen sich winzige Rutilprismen als Verlängerung der Kanten des Oktaeders über dessen Ecken

[1] Beyer, Min.-petr. Mitt. 10. Heft 1. Inaug.-Diss. p. 31.

Digitized by Google

hinaus anschmiegen und so die schönsten Figuren hervorrufen. Überhaupt bieten sich dem Beschauer beim Betrachten eines solchen Graniteinschlusses die reizvollsten Bilder dar, denn sowohl die primären Bestandteile als auch die Neuausscheidungen gewähren in ihrer Ausbildungsweise die reichste Abwechslung. — Bemerkenswert ist ferner, daß die dunkeln Kristalle, besonders Spinelle, Eisenerze und Rutile, überall da, wo sie aus einer farbigen Schmelze entstanden, von einem lichten Hof umgeben sind; sie entzogen also dem Glas seine färbenden Bestandteile.

Noch zwei weitere Mineralien müssen erwähnt werden, die aber infolge ihres sporadischen Auftretens nur eine untergeordnete Stellung einnehmen. Dazu gehört zuerst der Cordierit, welcher auffälligerweise nur innerhalb der vollkommen entglasten Schmelzmasse auftaucht. Von seiner trüben undurchsichtigen Umgebung hebt er sich deutlich hervor mit seinen farblosen, äußerst scharf begrenzten, rechteckigen und sechseckigen Umgrenzungen. Erstere zeigen niedere Polarisationsfarben, gerade Auslöschung und negativen Charakter, während die letzteren sich als isotrop erweisen und bisweilen bei Anwendung des Gipsblättchens an der Sektorenteilung Drillingsverwachsung erkennen lassen. Cordierit ist als Neubildung in den Einschlüssen der Basalte schon oft gefunden worden; zum ersten Male wurde er von Prohaska[1] beobachtet und zwar in den eingeschmolzenen Schieferfragmenten des Basaltes von Kollnitz im Lavanttale Kärntens. Nach ihm waren es F. Zirkel (dies. Jahrb. 1891. I. -109-), der seine Entstehung in verglasten Sandsteinen, und Beyer[2], welcher sie in metamorphen Graniteinschlüssen nachwies.

Das zweite Mineral wurde nur in einem einzigen Präparate wahrgenommen. Es liegt hier neben anderen Neubildungen, wie Spinellen und Feldspaten, im farbigen Glas und könnte auf den ersten Blick für einen Spinell gehalten werden. Es hat eine lichtgelbe bis schmutziggrüne Farbe, sehr hohe Lichtbrechung und zeigt bisweilen eine spitze Pyramide ausgebildet, hat also gar nicht oktaedrischen, sondern anscheinend tetra-

[1] Prohaska, Ber. d. kais. Akad. d. Wiss. zu Wien. Math.-nat. Kl. 1885. 92. I. p. 26.

[2] Beyer, Min.-petr. Mitt. 13. 236.

Digitized by Google

gonalen Habitus. Die Kristalle erreichen im Durchschnitt eine Länge von 0,013 mm im Verhältnis zu einer Breite von 0,007 mm. Im polarisierten Licht erweisen sie sich als doppelbrechend und löschen im Winkel der Pyramide, also gerade aus. Der Charakter der Doppelbrechung ist —. Alle diese Anzeichen deuten auf die Ausscheidung von Anatas hin. Zwar ist dieses Mineral als Neubildung in den metamorphen Einschlüssen der jungvulkanischen Gesteine noch nicht beobachtet worden, soweit Verfasser in der Literatur orientiert ist, doch kennt man es bereits als Kontaktprodukt in den Spilositen und Adinolen mancher Diabaskontakthöfe. So fand z. B. Rosenbusch[1] nicht unbedeutende Kristalle von Anatas in den Quarz-Albittrümern einer Adinole im oberen Schiebackstale bei Harzgerode.

Kontakterscheinungen am Basalt. Die Grenze der Graniteinschlüsse gegen den Basalt ist in den meisten Fällen recht wenig scharf ausgebildet. Im allgemeinen bemerkt man auf seiten des Basaltes eine allmähliche Abnahme in der Dichte der Mineralausscheidungen. Zwischen den basaltischen Bestandteilen tritt viel braunes bis violettes Glas auf, das in den Einschluß übergreift, wo es sich aufhellt, um schließlich farblos zu werden. An anderen selteneren Stellen wird der Basalt nach der Grenze hin zunächst dichter, löst sich aber dann ganz plötzlich auf, wie oben beschrieben, und geht in den Einschluß über. Die Breite der Einwirkungszone ist nicht wesentlich von der Größe des Granitfragmentes abhängig, denn ein faustgroßes Bruchstück zeigt keinen bedeutend größeren Berührungshof als ein kleines von vielleicht nur 1 cm Durchmeser. Im Mittel ist der Basalt bis auf eine Entfernung von 1—2 mm verändert, oft aber auch weniger. In demselben Präparat ist die Umwandlung nicht nach allen Seiten gleichmäßig erfolgt, da sie vor allen Dingen davon abhängt, ob ein Feldspat oder Quarz der Grenze am nächsten liegt. Im ersteren Falle ist sie weit intensiver, was bei den später zu besprechenden Quarziteinschlüssen noch deutlicher hervortritt.

An den basaltischen Gemengteilen lassen sich folgende Veränderungen erkennen. Der Augit nimmt

[1] Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. 1896. III. Aufl. p. 1173.

Digitized by Google

hellere Farbe an und zeigt schöne Kristallformen, der Magnetit deutliche Oktaeder; Feldspat bildet nach der Grenze zu immer größere Individuen, meist Leisten und Nadeln, und kann infolge seiner reichlichen Gegenwart die anderen Mineralien fast verdrängen. Nephelin scheint sich hier gar nicht ausgeschieden zu haben, Olivin dagegen wurde, soweit er bereits auskristallisiert war, wieder eingeschmolzen und dieses Produkt von einem Augitkranz umrahmt, wie ihn Beyer[1] beschreibt. Doch gilt dies nicht von allen Olivinindividuen, denn es fanden sich dicht an der Grenze neben solchen „Augitaugen" auch größere und kleinere Körner z. T. noch erhalten. Sollten hier vielleicht zweierlei Olivinsubstanzen vorliegen, die in ihrer chemischen Beschaffenheit, d. h. in der Mischung ihres Forsterit- und Fayalitmoleküls von einander abweichen, und daher die eine von ihnen (nach aller Erfahrung die eisenärmere) widerstandsfähiger gegen den Schmelzfluß sein?

Die Glasbasis ist durchspickt mit den verschiedensten Mikrolithen, mit Eisenerzkristallen, opaken Strichsystemen, farnwedelartigen Titaneisenstäbchen und Ilmenitglimmerblättchen. Alle diese Bildungen durchspießen auch wieder massenhaft die Feldspate. — Das Basaltglas zeigt sich oft zersetzt zu einer schmutziggrünen bis gelben chloritischen Substanz.

b) Quarziteinschlüsse.

In ihrem Aussehen bieten diese Quarziteinschlüsse die größte Verschiedenheit dar. Da finden sich solche von sandsteinartiger Beschaffenheit, welche, wenn sie eine feinkörnige Struktur besitzen, dem sogen. Basaltjaspis ähneln. Andere sind stark verändert und zeigen dann einen porzellanartigen Glanz und muscheligen Bruch. Ihre Farben wechseln von gelb bis zu grünlichgrau, auch schwarz und oft glänzend weiß. Violette Stellen (infolge reichlicher Spinellbildung) sind vereinzelt eingestreut. Diese Färbung wird bedingt durch den Grad der Ausscheidung von Mineralien und der Entglasung innerhalb der Schmelzmasse; sie zeigt sich oft an einem und demselben Handstücke verschieden, das dadurch gefleckt

[1] Beyer, Min.-petr. Mitt. 10. Heft 1. Inaug.-Diss. p. 37.

Digitized by Google

erscheint. Selten läßt sich eine schwache Schiefrigkeit der Einschlüsse konstatieren, wobei schmale, dunkle Glasschmitzen die Stelle des Glimmers vertreten, was seinen Grund wohl darin hat, daß die Quarzitschiefer, die das Material lieferten, infolge ihrer Glimmerarmut selbst nur wenig schiefrig sind. Durch den Prozeß der Einschmelzung wurde dies noch undeutlicher. Alle Quarziteinschlüsse fallen im Gegensatz zu denen des Granites auf durch ihre Frische und Widerstandsfähigkeit gegen Verwitterungseinflüsse, was dem hohen Gehalt an SiO_2 zu verdanken ist.

Das mikroskopische Bild ist weit einfacher. Man erblickt in der Hauptsache zwei Bestandteile, einerseits die Quarzreste, welche der schmelzenden und lösenden Wirkung entgingen, anderseits die glasige Schmelzmasse mit ihren Neubildungen und Entglasungsprodukten.

Quarz. Die Quarze lassen ganz die gleichen Erscheinungen erkennen, wie sie oben bei den Graniteinschlüssen dargelegt wurden. Nur in einem Falle wurde beobachtet, daß die Schmelzung nicht wie sonst randlich und auf regellosen Sprüngen im Innern erfolgt, sondern eine bestimmte Richtung bevorzugt. Man sieht die Quarzkörner von parallelen Streifen durchzogen, in denen sich farbloses Glas befindet, welches auf beiden Seiten mit kleineren Buchten und Kanälen in die Quarzsubstanz eingreift, so daß das ganze Individuum ein vollkommen zerfressenes Aussehen erhält. Diese Streifen setzen in gleicher Richtung vielfach auf benachbarte Quarze über. Seltsamerweise ist aber nicht jedes Korn gleichmässig so ausgebildet; da kann z. B. die eine Hälfte diese Erscheinung sehr scharf ausgeprägt zeigen, während die andere Hälfte unversehrt bleibt und nur randlich korrodiert ist. In den meisten Fällen löschen die Quarze schief zu solchen Schmelzlinien aus. Sollte diese Erscheinung mit der Spaltbarkeit nach R zusammenhängen, die manchmal am Quarz auftritt? — An Glasinterpositionen sind die Quarze der Quarzit-einschlüsse im allgemeinen reicher als die der Granitfragmente.

Schmelzmasse. Die Schmelzmasse ist, soweit sie noch nicht entglast ist, vollkommen farblos und in HCl unlöslich. Sie verdankt ihre Entstehung der Einschmelzung der Quarze und der wenigen Glimmerblättchen, wohl auch feinverteilten

Digitized by Google

Erzes, wobei sie in den letzteren Fällen eine braune bis violette Färbung annimmt. Meist jedoch hat sie eine intensive Entglasung erfahren und wird dann gelb und schmutzigbraun. Mit der Zunahme der Entglasung ist eine Abnahme der Lichtdurchlässigkeit verbunden, so daß die Masse stellenweise fast undurchsichtig ist und im auffallenden Licht ein weißes, wolkiges Aussehen erhält. Wo eine solche entglaste Schmelzmasse über die Quarze übergreift, erscheinen diese von einem trüben Schleier überzogen, der vielfach ihre Polarisationsfarben verdeckt. Solche Flecken erweisen sich bei der stärksten Vergrößerung als ein dichtes Filzwerk feinster Körnchen und Nädelchen. Die Entglasung nimmt ihren Ausgang entweder von den Sprüngen innerhalb der Schmelzmasse oder von den Rändern der Quarze und pflanzt sich senkrecht dazu fort, wobei die entglaste Substanz pflockartig, borstenartig, sich vielfach verästelnd in das reine Glas eingreift. In anderen Fällen zeigen sich gerade die Quarze von einer Zone reinsten Glases umgeben, während alle andere entfernter davon gelegene Schmelzmasse intensiv devitrifiziert ist. Diese Zone folgt dann in ihren Konturen genau denen des umhüllten, stark korrodierten Quarzkornes und setzt scharf gegen die entglaste Substanz ab. Eine Erklärung dieser Erscheinung dürfte wohl nur in einer ungleichartigen chemischen Beschaffenheit der Schmelzmasse zu suchen sein. Die Glaszone um den Quarz ist zu reich an SiO_2 und infolgedessen weniger zur Devitrifizierung geneigt. An solchen Stellen war nämlich die Strömung im Magma zu gering, um ein Vermischen der eingeschmolzenen Massen zu bewirken, und es mußte somit im Umkreis der Quarze eine Schmelze entstehen, die wesentlich aus SiO_2 besteht. — Eine sekundäre Umbildung der glasigen oder der devitrifizierten Substanzen im Einschluß selbst ist selten erfolgt; dagegen zeigt sich an der Kontaktzone gegen den Basalt häufiger eine Umwandlung in delessitartige Massen.

Neubildungen. Die Ausbildungsweise der mineralischen Neubildungen entspricht in der Hauptsache derjenigen der Graniteinschlüsse; es möge daher in folgendem auf eine eingehendere Beschreibung verzichtet werden. Im Innern des Einschlusses ist die Schmelzmasse im allgemeinen recht

Digitized by Google

arm an Neubildungen. Sie war eben zu azid, um für eine Rekristallisation günstige Bedingungen zu bieten. Man findet daher vorwiegend nur da neue Mineralien, wo Glimmer eingeschmolzen wurde. Hier sind es besonders Spinelle, die sich ausgeschieden haben. Fast immer treten sie in dichten Schwärmen auf, was der Einschluß bisweilen schon makroskopisch durch violette Flecken zu erkennen gibt. Mit ihnen zusammen, aber auch allein in Nestern und vereinzelt im Glase verstreut, finden sich goldgelbe bis dunkle Rutilnädelchen, manchmal verzwillingt. Augit taucht hier recht selten auf und ist meist mit Spinellen vergesellschaftet. Häufiger sind farblose, scharf umgrenzte Rechtecke und Sechsecke von Cordierit zu beobachten, welche eine Länge von 0,033 mm und eine Breite von 0,22 mm erreichen. Bemerkenswert sind an einigen dieser Individuen rundliche, farblose Interpositionen, die sich zentral anhäufen. Auch hier ist hervorzuheben, daß der Cordierit fast immer in der völlig entglasten Schmelzmasse erscheint, ganz selten im reinen Glas.

Auffallend ist der vollständige Mangel an Tridymitblättchen, die doch an anderen Punkten als Neubildungen in angeschmolzenen Quarziteinschlüssen eine nicht geringe Rolle spielen; so beschreibt z. B. Lehmann schöne durchsichtige Tridymittäfelchen aus den Laven und Basalten des Niederrheins[1]; vergleiche ferner Lacroix.

An den Stellen, wo das basaltische Magma mit dem Schmelzprodukte des Einschlusses in Berührung kam und sich mehr oder weniger mit ihm mischen konnte, ist die Auskristallisation viel reichlicher erfolgt als im Innern. Während der Augit hier nur eine ganz untergeordnete Stellung einnimmt, tritt er uns in der Kontaktzone gegen den Basalt als das Mineral entgegen, welches niemals fehlt und von allen am zahlreichsten vertreten ist. Kranzartig umrahmt er den Einschluß, indem die einzelnen Kristalle auf der Basaltgrenze aufsitzen und mit ihren freien Enden in das Glas hineinragen. Diese Augite unterscheiden sich von denen des Basaltes sofort durch ihr Aussehen; sie sind vollkommen farblos, ganz selten einmal hellgrün gefärbt, ebenfalls monoklin

[1] Lehmann, Verh. d. naturh. Ver. d. preuß. Rheinl. u. Westf. 1874. 31. 4. Folge. p. 16.

Digitized by Google

und stehen ihrer Auslöschungsschiefe nach (Maximum 43° 30′) zwischen Diopsid und eigentlichem Augit. Sie können in den verschiedenartigsten Gestalten erscheinen, als winzige Mikrolithe, in schöner Skelettform, als wohlausgebildete Kristalle. Alle drei Formen sind durch die mannigfachsten Übergänge miteinander verbunden. So findet man langgestreckte Nädelchen und Borsten, die sich parallel nebeneinander legen und untereinander optisch gleich orientiert sind. Durch Quer-äste vereinigen sie sich und bilden so ein Kristallskelett, das sich allmählich zu einem vollständigen Kristall herauswächst. Man begegnet Zwischenstufen, wo der äußere Bau bereits fertig ist, sich aber im Zentrum noch ein Tümpel Glassubstanz befindet, die in ihrer Farbe von derjenigen des umgebenden Glases abweicht. Durch die vorzeitige Erstarrung wurde hier eine vollendete Auskristallisation verhindert (s. Taf. XVI Fig. 5). Ganz ähnliche Augitskelette beschreibt Beyer[1] in der Kontaktzone der Graniteinschlüsse.

Eine nahe Verwandtschaft zwischen diesen neuentstandenen Augiten und den Quarzkörnern fällt sofort ins Auge. Es gilt die Regel, daß überall da, wo Quarz sich an der Peripherie des Einschlusses befindet, auch jene dichte Umrahmung von Augitkristallen auftritt, oft zwischen beiden nur eine schmale Glaszone freilassend. Dieser Kranz verhinderte ein weiteres Vermischen des Basaltmagmas mit der Einschlußschmelzmasse und raubte ihm wohl auch die Lösungsfähigkeit. An solchen Stellen ist das Glas vollkommen farblos, und Augit ist dann meist das einzige Mineral, das sich ausgeschieden hat. Wo aber der Quarz in der Nähe der Basaltgrenze fehlt, ist auch der Augit nur spärlich vorhanden; hier konnten sich beide Schmelzmassen inniger mischen, was eine größere Abwechslung in der Auskristallisation zur Folge hatte.

Zunächst sind es Spinelle und Rutile, die hier erscheinen. Sie sind nicht gerade häufig und treten weniger in Schwärmen als in einzelnen, wohlausgebildeten Kristallen auf. Die Stelle des ersteren nimmt gern Magnetit und Titaneisen ein. Eine wichtigere Rolle spielt der Feldspat, der an Häufigkeit jedoch auch weit hinter dem Augit

[1] Beyer, Min.-petr. Mitt. 10. Heft 1. Inaug.-Diss. p. 37.

Digitized by Google

zurückbleibt. Er zeigt meist Leisten als Schnittformen und ist einfach oder polysynthetisch verzwillingt; seltener sind Täfelchen vertreten. Der Feldspat scheint auch hier dem Plagioklas anzugehören. Jene Erscheinung, daß sich solchen neugebildeten Individuen andere Mineralien anlagern und in ihnen als Einschlüsse zu finden sind, ist ebenfalls sehr schön zu beobachten. Zu diesen gehören wieder die als Korund gedeuteten Täfelchen und farblose Sillimanitnädelchen. Titaneisenglimmer taucht an der Grenze des Einschlusses und besonders auf seiten des Basaltes auf; er läßt die gleiche Ausbildungsweise erkennen, wie oben bei den Graniteinschlüssen erörtert wurde.

Kontakterscheinungen am Basalt. Die Veränderungen des Basaltes im Umkreis solcher Quarziteinschlüsse unterscheiden sich von denjenigen bei den Granitfragmenten insofern, als hier nicht ein allmählicher Übergang des basaltischen Magmas in die Schmelzmasse des Einschlusses festzustellen ist, sondern eine scharfe Grenze zwischen beiden auftritt. Diese wird, wie bereits erwähnt, durch einen Augitkranz gebildet. Der Basalt wird nach dem Einschlusse zu immer dichter, bis er an der Grenze hierin das Maximum erreicht. Die Eisenerzkörner werden seltener, porphyrische Einsprenglinge treten ganz zurück, und der Basalt besteht nur aus kleinsten, eng aneinander geschmiegten Augitindividuen. Olivine fehlen als solche oder braune Glastümpel, umrahmt von Augiten, verraten ihre Einschmelzung. Dieses eintönige Bild des Basaltes ändert sich nur an den Stellen, wo nicht Quarz, sondern größere Mengen von Schmelzmasse am Rande des Einschlusses auftreten (s. Taf. XVI Fig. 5) oder dieser Risse und Spalten aufwies, in welche der Basalt eindringen konnte. Dann zeigt er dieselben Veränderungen und mineralischen Neubildungen, welche bei den Graniteinschlüssen beobachtet wurden.

Noch ein Einschluß ist zu erwähnen, der von den oben beschriebenen in manchen Punkten abweicht. Er hat eine gelbliche Färbung und macht schon makroskopisch den Eindruck eines äußerst dichten quarzigen Gemenges. U. d. M. gewahrt man ein sehr feinkörniges Aggregat von Quarzkörnern, die alle xenomorphe Gestalt besitzen und fast lückenlos

Digitized by Google

aneinander liegen. Sie führen massenhaft kleinste Glaseinschlüsse und Gasporen, welche vielfach zonenartig eingelagert sind. Da sieht man infolge ihrer linearen Aneinanderreihung Sechsecke, wobei sich die sie darstellenden Quarzschnitte im polarisierten Licht als einfach brechend erweisen, entsprechend den Basisschnitten von Dihexaedern; anderseits gewahrt man Figuren von annähernd rhombischem Umrisse, die in der Winkelhalbierenden auslöschen, entsprechend einem Schnitt parallel der c-Achse. Beiderlei Gebilde sind je nach der Lage der Anschnittflächen durch zahlreiche Übergänge miteinander verbunden. Fünf bis sechs solcher Zonen können aufeinander folgen, wobei der innerste Teil meist frei von Einschlüssen ist und sich dadurch scharf hervorhebt (s. Taf. XVI Fig. 6). In vielen Fällen sind jedoch die Interpositionen in geraden Linien angeordnet, die nach der Mitte jedes Individuums zu konvergieren. An den Quarzkörnern, welche die Zonen erkennen lassen, kommt diese letztere Erscheinung weniger deutlich zum Ausdruck. An der Grenze gegen den Basalt findet sich farbloses Glas mit neugebildeten Augiten; der Basalt selbst weist die oben angeführten Veränderungen auf. Es könnte hier ein Quarziteinschluß vorliegen, der vollkommen eingeschmolzen wurde und Zeit genug hatte, wieder auszukristallisieren, wobei Glaspartikelchen und Glasporen zonenartig eingeschlossen wurden. Nun ist es aber auffällig, daß nicht an einem einzigen Individuum — auch dort nicht, wo Glas angrenzt — Kristallflächen ausgebildet sind; ferner gleichen die Körner in ihrem sonstigen Aussehen allzusehr den anderen nur korrodierten Quarzen, um als Neubildungen zu gelten. Eine andere Möglichkeit wäre, daß in den Quarzkörnern Zonenbau bereits vorhanden war, ehe sie vom Basalt umhüllt wurden. Dies ist nicht selten bei Gangquarzen der Fall, wo sich glimmerige und anderweitige Partikelchen zonenartig eingelagert finden. Ein besonders feinkörniges Aggregat solcher Gangquarze wurde vom Basalt mit emporgerissen und lieferte infolge der Einschmelzung seiner Interpositionen jenen merkwürdigen Quarziteinschluß. Für die letztere Erklärung spricht noch die Erscheinung, daß in der Anordnung der Quarzkörner zueinander stellenweise ein gewisser Parallelismus zu beobachten ist.

Digitized by Google

c) Schiefereinschlüsse.

Die phyllitischen Schiefereinschlüsse fallen durch ihre ausgeprägte schieferige Struktur auf. Helle Lagen, welche in der Hauptsache aus Quarzresten bestehen, wechseln ab mit dunklen Streifen, an denen sich vormals besonders der Glimmer beteiligte, und die jetzt vor allem den Sitz der Schmelzmasse bilden. Quarze und Schmelzmasse zeigen ganz die gleichen Erscheinungen wie in den Quarziteinschlüssen.

Von Neubildungen haben sich recht reichlich Cordierittäfelchen ausgeschieden, ferner auffällig viel Rutilnädelchen, welche in großen Individuen und dichten Nestern das Glas erfüllen. Spinelle und Magnetite durchziehen oft in langen Schwärmen das Präparat, was der Schmelzmasse schon makroskopisch ein violettes Aussehen und dem Handstücke dadurch eine prächtige bunte Streifung verleiht. An der Grenze gegen den Basalt tauchen wieder Augite auf und da, wo kein Quarz vorhanden, gern Feldspate in Leistenform und langen Nädelchen, ferner mit ihnen zusammen jene charakteristischen Korunde und Sillimanite.

Die Umwandlungen der Kontaktzone am Basalt schließen sich in allen Punkten den oben erörterten an, je nachdem reine Quarzlagen oder Streifen von Schmelzmasse ihn begrenzen.

2. Endogene Einschlüsse.

Neben diesen oben beschriebenen Einschlüssen, welche Teile des durchbrochenen fremden Gesteines bilden, finden sich recht sporadisch auch Mineralaggregate und reine Mineralmassen, die dem basaltischen Magma selbst entstammen. Sie hatten sich in der Tiefe bereits aus ihm ausgeschieden und wurden beim Empordringen des Basaltes mitgerissen, wobei sie infolge veränderter Verhältnisse von seiten des Glutflusses mehr oder weniger beeinflußt wurden. Es sind also Urausscheidungen aus dem Magma, und sie mögen im Gegensatz zu den exogenen Einschlüssen als endogene bezeichnet werden. Man kann sie in folgende drei Gruppen einteilen:

a) Reine Augitmassen,
b) Augit-Olivinaggregate,
c) Feldspat-Augitaggregate.

Digitized by Google

Wenngleich makroskopisch manche von ihnen nicht als zweifellose Urausscheidungen gedeutet werden können, so geben sie sich doch u. d. M. auf den ersten Blick als solche zu erkennen, denn gerade die Erscheinungen, welche für die exogenen Einschlüsse charakteristisch waren, sind hier nicht im mindesten zu beobachten. Jener Reichtum an Neubildungen und Mikrolithen, Augitkranz, Schmelzmasse fehlen vollkommen, auch zeigt der Basalt an der Grenze keine auffallenden Veränderungen; nur manchmal ist ein schwaches Dichterwerden seiner Struktur bemerkbar.

a) Reine Augitmassen.

Die reinen Augitmassen spielen unter den endogenen Einschlüssen die Hauptrolle. Zunächst sind solche hervorzuheben, welche aus einem einzigen Individuum bestehen. Sie erlangen ungefähr die Größe einer Bohne, weshalb sie gewissermassen aus dem Rahmen der gewöhnlichen porphyrischen Ausscheidungen herausfallen. Sie sind innig mit dem Basalt verwachsen und haben an den Randpartien und im Innern eine schwarze bis dunkelgrüne Färbung, während zwischen beiden sich eine weiße, scharf abgegrenzte Zone befindet, die in das Zentrum vielfach Äste entsendet. Das Augitkorn erweist sich an den dunklen Stellen fast einschlußfrei; die trübe Zone dagegen ist erfüllt von einer Unmenge gelblicher Glasinterpositionen, welche nach der Mitte des Einschlusses zu immer winziger werden und da moosartig von den mehr oder weniger breiten Ästen aus in den reinen Augit übergreifen. An diesen glasreichen Partien wird die Augitmasse fast vollkommen verdeckt. Ganz ähnliche Einschlüsse fand Gäbert[1] im Basalt des Kleehübl bei Graslitz. Er gibt eine Abbildung davon und führt folgendes aus: „Die Entstehung dieser Erscheinung ist wohl nur so zu deuten, daß sich in einem aus Augit bestehenden endogenen Einschluß infolge der magmatischen Glutwirkung auf der Oberfläche und einwärts eine ungeheure Menge von sekundären Glaseinschlüssen ausbildete, worauf sich dann später unter veränderten Verhältnissen eine aus unversehrt gebliebenem reinen Augit be-

[1] Gäbert, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1899. p. 631.

Digitized by Google

stehende Schale allseitig herumlegte.“ Der Augit im Innern ist fast farblos oder hellgrün und scheint nach seiner Auslöschungsschiefe (Maximum 38°) der Diopsidgruppe anzugehören, die Randpartie dagegen zeigt eine dunklere Färbung mit einem Stich ins Violette und ist in den meisten Fällen nicht mit ihm optisch gleich orientiert, sondern hat eine Auslöschungsdifferenz bis zu 9°. Es würde hier also eine Umrindung des Diopsid mit eigentlichem Augit stattgefunden haben, wie sie auch bei manchen zum eigentlichen Gesteinsgewebe gehörigen basaltischen Augiten beobachtet wurde. Diese Rinde greift zahnartig in das Nebengestein ein und bedingt dadurch das feste Gefüge zwischen Einschluß und Basalt.

Einige Male fanden sich innerhalb der einschlußreichen Stellen Gebilde von scharf sechsseitigem Umrisse, die mit opaken Körnern — anscheinend Magneteisen — besonders randlich erfüllt sind. Im Innern lagern kleine Augitindividuen, welche untereinander optisch gleich orientiert sind und zwischen sich eine farblose Substanz führen, die Andeutungen von Spaltrissen und niedere Polarisationsfarben erkennen läßt. Es dürfte sich hier wohl um ehemalige Hornblendekristalle handeln, welche durch kaustische Einwirkungen von seiten des Basaltmagmas resorbiert wurden.

Man begegnet ferner Einschlüssen, welche aus einem Aggregat von Augitindividuen bestehen, die teils als Kristalle, teils als Körner ausgebildet sind. Sie haben zwischen sich vielfach Lücken gelassen, welche vom basaltischen Magma erfüllt wurden. Letzteres ist entweder zu hellviolettem Glas geworden, das sich stellenweise in grüne oder gelbliche chloritische Massen umgesetzt hat, oder es haben sich aus ihm schöne Olivinkristalle und Augitskelette ausgeschieden. Das Glas ist meist durchsetzt von einem System rötlichbrauner Nädelchen und Stäbchen. Die Augite des Einschlusses haben eine hellgelbe Farbe und sind bisweilen nach $\infty P\infty$ verzwillingt. Sie führen vornehmlich im Zentrum eine Unmenge von Interpositionen, die von dunklen Glaspartikelchen und kleinsten zwar gleich gefärbten, aber abweichend orientierten Augitkörnchen gebildet werden. Diese Einlagerungen scharen sich so dicht aneinander, daß der Augit eine rauhe,

Digitized by Google

körnige Oberfläche erhält. Vielfach ordnen sich die winzigen Augitinterpositionen in längeren Strahlen an, die sich von einem Punkt aus büschelartig ausbreiten. Die Bestandteile eines jeden Strahlenbündels sind untereinander optisch gleichmäßig orientiert, also mit dem Augit, in welchem sie liegen, gewissermassen pegmatitisch verwachsen. Jedes Augitindividuum enthält mehrere solcher Gebilde, so daß sich im polarisierten Lichte die zierlichsten Figuren darbieten. Ob sich am Aufbau dieser Büschel nur Augitkörnchen oder vielleicht auch Olivinpartikelchen beteiligen, läßt sich nicht mit Bestimmtheit entscheiden. Wo der Einschluß gegen den Basalt stößt, ist wieder eine Rinde von vollständig interpositionsfreier Augitsubstanz bemerkbar, die eine dunklere, schwach violette Färbung aufweist und eine bis zu 7° größere Auslöschungsschiefe besitzt. Es ist hier also eine ähnliche Umhüllung des Diopsid mit dem eigentlichen Augit erfolgt.

b) Augit-Olivinaggregate.

Olivinknollen sind in diesen Basalten verhältnismäßig selten und erreichen auch nur geringe Dimensionen. Sie bestehen in der Hauptsache aus unregelmäßig begrenzten Olivinkörnern, welche fast einschlußfrei sind. Zwischen sie schieben sich monokline Augite ein, die eine hellgelbe Farbe aufweisen und nach ihrer Auslöschungsschiefe bis zu 45° dem eigentlichen Augit zugerechnet werden müssen. Viele von ihnen sind ebenfalls recht arm an Interpositionen, andere dagegen zeigen sich mannigfach durchzogen von dunklen Linien, die von Gasporen und Glaspartikelchen gebildet werden. Neben dem Augit finden sich auch wenige Individuen eines farblosen rhombischen Pyroxens, welche sich vom ersteren durch Konstanz gerader Auslöschung, niedrigere Polarisationsfarben sowie durch Bisektrizenaustritt auf Schnitten der makrodiagonalen Zone unterscheiden. Der Augit ist da, wo er dem Basalt am nächsten liegt, von einem Saume dunklerer, aber optisch gleich orientierter Augitmasse umgeben, d. h. er ist unter veränderten Verhältnissen weitergewachsen, oder er wird umhüllt von einem Kranze kleinster Augitkörnchen, eine Erscheinung, die nach dem Vorgange von Arthur Becker in der Literatur unter der Bezeichnung „Angegriffensein

Digitized by Google

des Augites" öfter Erwähnung findet[1]. Man versteht darunter die Bildung eines randlichen Aggregates von kleinen Körnchen derselben Mineralart, das hier seine Entstehung der unter dem Einflusse des Magmas erfolgten Anschmelzung des Augites verdankt, wobei sich später derselbe in erwähnter Gestalt wieder ausgeschieden hat. Dieses Angegriffensein macht sich auch vielfach im Innern des Augites geltend, indem es den Spaltrissen folgt; randlich erscheint es gern da, wo ein Olivinindividuum benachbart ist. Der Olivin lehnt sich entweder direkt dem Basalt an oder führt einen ähnlichen Saum von Augit, wie die Augitindividuen selbst, der aber hier von größeren Körnern gebildet wird. Ein Angegriffensein des Olivins, wie es z. B. Bleibtreu[2] hervorhebt, war niemals zu beobachten. Als Einlagerung in letzterem fanden sich mehrere unregelmäßige anisotrope Partikel von rotbrauner Farbe, welche, wenn sie dünner werden, gelblichbraun durchscheinen. Sie fallen durch ihre hohe Lichtbrechung auf und dürften als Orthit zu deuten sein.

Ein von den eben beschriebenen etwas abweichender Einschluß besteht ebenfalls aus Olivinkörnern und monoklinen Augiten. Letztere haben jedoch ein gelblichbraunes Aussehen und sind von winzigen Pünktchen bestäubt, die gleichmäßig verteilt sind. Sie führen große Gas- und Glasinterpositionen, welche sich zu breiten Streifen vereinen; auch finden sich spindelförmige dunkle Lamellen eingelagert. Ihre Maximalauslöschung von 40° läßt sie der Diallaggruppe angehören. Das Angegriffensein ist bei ihnen recht deutlich ausgeprägt. Im Innern dieses dichten Körneraggregates konnten einige Male Olivinpartikel mit Sicherheit festgestellt werden; ähnliches wurde auch von Rinne[3] beobachtet. — Kleinere Individuen von farblosen rhombischen Pyroxenen vertreten mehrmals den Augit; ferner finden sich an einer Stelle als

[1] Es möge hier verwiesen werden auf die zusammenfassende Behandlung der Literatur über Olivinknollen bei F. Zirkel, Über Uransscheidungen in rheinischen Basalten. Abh. d. math.-phys. Kl. d. k. säch Ges. d. Wiss. **28**. 112 f.

[2] Bleibtreu, Beiträge zur Kenntnis der Einschlüsse in den Basalten mit besonderer Berücksichtigung der Olivinfelseinschlüsse. Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1883. **35**. 535.

[3] Rinne, Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst. f. 1892. p. 27.

Digitized by Google

Einschluß im Olivin eine größere Anzahl von Picotitkörnchen, die sich durch ihre bräunliche Farbe und den isotropen Charakter zu erkennen geben.

Der ganze Einschluß zeigt sich, mag nun Diallag oder Olivin an seinen Randpartien vertreten sein, umhüllt von einer Rinde größerer Augitkörner, so daß eine eigentümlich gegliederte innere Zonenstruktur zustande kommt, wie sie F. Zirkel an den Einschlüssen der rheinischen Basalte besonders hervorhebt (l. c. p. 105, 120). Beide Teile der Olivinknolle lassen einen allmählichen Übergang ineinander erkennen und stellen als „Produkt eines fortlaufenden Bildungsaktes" gewissermaßen ein selbständiges Individuum dar. Diese Erscheinung ist es, wodurch so beschaffene Einschlüsse sich als zweifellos echte Urausscheidungen dokumentieren und ihre eventuelle Deutung als lherzolithische Bruchstücke unmöglich machen.

c) Feldspat-Augitaggregate.

Es lagen zur Untersuchung nur zwei Einschlüsse dieser Beschaffenheit vor. Sie fallen bereits makroskopisch auf durch die Verschiedenheit ihrer Bestandteile, einerseits der dunklen, wenig glänzenden augitischen Individuen, anderseits der farblosen Feldspate mit ihren spiegelnden Spaltflächen.

Der erste Einschluß besteht in der Hauptsache aus gelblichbraunen monoklinen Augitkörnern, die teils zahnartig ineinander greifen, teils sich durchwachsen, so daß sie ein ganz merkwürdiges, zerfressenes Aussehen erhalten. Viele von ihnen sind verzwillingt nach $\infty P\infty$, wobei randlich scharfe Zwillingslamellen auftreten, im Innern dagegen hat eine an Pegmatit erinnernde Verwachsung beider Zwillingsindividuen stattgefunden. Solchen Augiten sind außerdem noch reichlich Glaseinschlüsse und unregelmäßig orientierte kleine Augitkörnchen eingestreut, so daß sie oft den Eindruck eines Aggregates hervorrufen.

An einer Stelle ist ein großes Feldspatkorn zu beobachten, das sich durch seine polysynthetische Zwillingsstreifung als Plagioklas zu erkennen gibt. Es ist zugleich nach dem Karlsbader Gesetz verzwillingt und zerfällt infolgedessen in zwei Hälften, von denen die eine Zwillingslamellen

Digitized by Google

nur nach dem Albitgesetz, die andere solche nur nach dem Periklingesetz aufweist. Der Feldspat hat höhere Lichtbrechung als der Canadabalsam und gehört daher in die Reihe der basischen Plagioklase. Von Interpositionen ist er fast frei, nur randlich tritt auf eine kurze Strecke ein Saum von Gasporen auf.

Der zweite Einschluß zeigt in manchen Punkten abweichende Verhältnisse. Als Augit ist in der Hauptsache der Diallag vorhanden; er ist braun bestäubt, umschließt vielfach spindelförmige, ebenfalls braune Einlagerungen und hat meist eine recht feine Zwillingslamellierung, die vorwiegend wohl nach $\infty P\infty$ gebildet sein dürfte. Schwärme von Gasporen, Flüssigkeits- und Glaseinschlüssen durchziehen ihn nach allen Richtungen. Besonders auffallend aber ist, daß bei diesen Diallagen das Angegriffensein überaus scharf ausgeprägt ist, vor allem an der Grenze gegen den Basalt. Diese dichten Aggregate von anscheinend nur Augitkörnchen können solche Ausdehnung erreichen, daß sie bei schwacher Vergrößerung das Gesichtsfeld vollkommen einnehmen.

Neben dem Diallag findet sich an einem Punkte noch ein größeres, farbloses Augitkorn, ebenfalls monoklin, welches randlich wie im Innern dieselben Körneranhäufungen aufweist, die in letzterem Falle als breite Streifen genan den Spaltrissen nach 0P und $\infty P\infty$ folgen. An den Randpartien beteiligen sich hierbei nicht unbedeutende Mengen einer farblosen Glassubstanz.

Zwischen die Augite schieben sich hier und da größere und kleinere Feldspate ein, welche auch hier wieder einem basischen Plagioklas angehören. Sie sind meist gleichzeitig verzwillingt nach dem Albit- und Periklingesetz und können außerdem noch eine zweiteilige Zwillingsverwachsung aufweisen, die anscheinend nach dem Karlsbader Gesetz erfolgt ist. Die Zwillingslamellen zeigen recht unregelmäßige Ausbildung und Verteilung, auch haben sie bisweilen ebenso wie diejenigen der Diallage eine Krümmung erfahren, und der Feldspat selbst löscht undulös aus, Erscheinungen, die auf Druckwirkungen zurückzuführen sind, denen der Einschluß beim Transport durch den Basalt unterlag. Die Plagioklase lassen keine Veränderungen erkennen, die dem Angegriffen-

Digitized by Google

sein der Augite äquivalent wären. Sie haben wie die Diallage ganz bestäubtes Aussehen und erinnern beide in ihrer Beschaffenheit an diejenigen gewisser Gabbrogesteine. Sie führen zahlreiche Interpositionen, an denen sich besonders Glaspartikel und Gasporen beteiligen, welche die zierlichsten, hieroglyphenartigen Gestalten annehmen können, ferner peripherische Körner von Magneteisen, opake Strichsysteme, sowie Titaneisenstäbchen, die sich unter einem Winkel von 60° kreuzen. An einer Stelle wurden auch pleochroitische Lamellen von Titaneisenglimmer beobachtet. — Einschlüsse von ähnlicher Zusammensetzung, aber feldspatreicher — ebenfalls nur Plagioklas — beschreibt Rinne[1] aus den norddeutschen Basalten.

Zwischen den einzelnen Gemengteilen und besonders an den Feldspaten treten vielfach Lücken auf, die von Carbonaten erfüllt sind. Ebenso sind häufig solche Carbonat-, seltener Zeolithdrusen am Rande des Einschlusses vorhanden. Gleiches gilt von allen besprochenen endogenen Einschlüssen.

Bemerkenswert ist noch, daß diese beiden Feldspat-Augitaggregate im Basalt des Kernberges, also im Nephelinbasanit, gefunden wurden, während sie im Magmabasalt des Flößberges zu fehlen scheinen.

Am Schlusse dieser Arbeit sei es mir gestattet, meinem hochgeschätzten Lehrer, Herrn Geheimen Rat Prof. Dr. F. Zirkel, meinen aufrichtigsten Dank auszusprechen für die jederzeit bereitwillige Unterstützung und das freundliche Wohlwollen, das er mir während meines Studiums in reichstem Maße zuteil werden ließ. Dank auch Herrn Professor Dr. R. Reinisch für manche treffliche Unterweisung.

[1] Rinne, Jahrb. d. k. preuß. geol. Landesanst. f. 1892. p. 35, ferner 1897. p. 77.

Digitized by Google

Tafel-Erklärung.

Tafel XVI.

Fig. 1. Graniteinschluß vom Kernberg, Vergrößerung 42. p. 506.
An den Randpartien eines korrodierten Feldspatkornes hat eine Regeneration stattgefunden, indem sich der neugebildete Feldspat erst in Täfelchen, dann in langgezogenen Nädelchen anlagert, wobei er zahlreiche dunkle Mineralien einhüllt. Oben liegt ein stark korrodiertes Quarzindividuum, das nach der braunen Schmelzmasse zu von einem Saum winziger Augite umgeben ist.

„ 2. Graniteinschluß vom Kernberg, Vergrößerung 85. p. 506.
Im Innern eines Feldspates hat entlang einer Spalte eine Regeneration stattgefunden, wobei der neugebildete Feldspat in Täfelchen auftritt und sich durch seine Frische von dem alten Korn deutlich abhebt. Nach der Mitte zu erscheinen eine Unmenge von opaken Mikrolithen, Stäbchen, Nädelchen und Kristallen, welche den Feldspat fast verdecken. Die neue Feldspatsubstanz ist mit der alten optisch gleich orientiert.

„ 3. Graniteinschluß vom Kernberg, Vergrößerung 38. p. 507.
Das ganze Gesichtsfeld ist bedeckt mit selbständigen neugebildeten Feldspaten, die in Stäbchen- und Leistenformen auftreten, ferner als Kassetten, welche ineinander geschachtelt sind.

„ 4. Graniteinschluß vom Kernberg, Vergrößerung 38. p. 509, 510.
Das Präparat wird von einem Schwarm violetter Spinelle durchzogen; das Glas, welches links vollkommen farblos ist, rechts aber einen bräunlichen Ton aufweist, ist durchspickt mit Mikrolithen der verschiedenartigsten Gestalt. Auch lange Feldspatnadeln treten darin auf.

„ 5. Quarziteinschluß vom Flößberg, Vergrößerung 42. p. 517, 518.
Der Einschluß zeigt an der Grenze gegen den oben rechts eine kleine Partie bildenden Basalt keinen Quarz, und man kann infolgedessen einen allmählichen Übergang des Basaltes in die Schmelzmasse beobachten. Die linke Hälfte des Bildes läßt ein farbloses bis hellviolettes Glas erkennen mit schönen Skeletten von neugebildetem Augit; in der Mitte treten weiße Feldspatleisten auf, und rechts sieht man dunkles Glas, reich an Magnetitkörnern und Augitnadeln.

„ 6. Einschluß von Quarz (vermutlich Gangquarz) im Flößberg, Vergrößerung 42. p. 519.
Der Einschluß besteht aus unregelmäßig begrenzten Quarzkörnern, die durch eine zonenartige Anordnung ihrer Interpositionen auffallen.

Digitized by Google

Ueber Dolomit und seine Entstehung.

Von

F. W. Pfaff in München.

Versetzen wir uns in Gedanken in jenen Urzustand unserer Erde zurück, in dem das flüssige Wasser noch nicht auf der Erdoberfläche weilte, sondern noch als Wasserdampf in der Atmosphäre sich vorfand, so müssen wir uns die jetzt im Meere und in den Quellwassern enthaltenen Salze alle als feste Verbindungen, als feste Bestandteile der Erdrinde vorstellen.

Über ihre Konstitution, ob als Silikate oder einfache Sauerstoffverbindungen oder aber als Chloride usw. oder ob sie vielleicht, wie in neuerer Zeit angenommen wird, als Carbide neben den anderen die Erdrinde zusammensetzenden Metallsalzen vorhanden waren, darüber können höchstens Vermutungen aufgestellt werden. Nachdem jedoch einmal das Wasser seine bleibende Stätte auf der Erde gefunden hatte und sich größere Wasserbecken gebildet hatten, waren Verhältnisse entstanden, die von den jetzt herrschenden wohl nicht zu sehr verschieden waren. Das Wasser, als Regen auf den Boden fallend, war bestrebt, sich mit den vorhandenen Salzen zu sättigen, die es dann in mehr oder weniger konzentrierter Form der tiefsten Stelle, d. h. dem Meere, zuführte. Da wir schon in den ältesten Ablagerungen Pseudomorphosen nach Kochsalz finden und in verschiedenen alten Ablagerungen Natriumsalze enthalten sind, so dürfte die Vermutung, daß die ältesten Meere ähnlich wie die jetzigen ihrem Salzgehalte nach beschaffen waren, nicht zu weit von der Wirklichkeit

Digitized by Google

entfernt sein, ein Schluß, der auch durch das Vorkommen der ältesten Lebewesen bestätigt wird.

Die Frage nach der Herkunft der Magnesiasalze, die bei der Bildung des Dolomits mitgewirkt haben können, und ihre ursprüngliche Form, in der sie ehedem in der Erdrinde lagerten, ist deshalb von großer Bedeutung, da bei richtiger Würdigung der gegebenen Verhältnisse es leicht sein dürfte, unter der großen Anzahl von Hypothesen über die Entstehung des Dolomits die der Wirklichkeit am meisten entsprechende und die jeweilig auftretenden geologischen Umstände am besten erklärende zu finden. Versetzen wir uns noch einmal in jene Zeit zurück, in der sich die Wasser zum ersten Male auf der festeren Erdrinde sammeln konnten, so finden wir, daß folgende Mineralien, die Magnesium gebunden an andere Elemente enthalten, sich hauptsächlich an der Zusammensetzung der Oberfläche beteiligten:

Hornblende
Aktinolith
Tremolit
Diopsid
Hypersthen
Enstatit
Cordierit
Melilith
Pennin
Amesit
Serpentin
Xanthophyllit
Glimmermineralien
(Phlogopit, Biotit)
Monticellit
Forsterit
Olivin.

Magnesit und Magnesiumchlorid kommen nicht in Betracht, da unter der Annahme, daß die Erdkruste ein Erstarrungsgebilde ist, diese beiden Mineralien in der ersten Periode ihrer Unbeständigkeit in höherer Temperatur halber nicht vorhanden sein konnten.

Es fand also das erste Wasser verhältnismäßig schwer angreifbare Magnesiaverbindungen vor, und es fragt sich nun, in welcher Verbindung haben wir uns die Magnesia vor-

Digitized by Google

zustellen, damit sie zusammen mit einem Calciumsalz Dolomit bilden kann.

Bei den Calciumsalzen tritt zwar die nämliche Frage auf, doch will ich, da $CaCl_2$ viel feuerbeständiger und die Bildung von $CaCO_3$, das mit jedem Fällungsmittel als gut kristallines kohlensaures Salz ausfällt, einfacher ist, darauf nicht näher eingehen.

Weil ferner bei den meisten unten noch genauer zu besprechenden Hypothesen fast sämtliche chemisch möglichen Formen des Magnesiums herbeigezogen wurden, so scheint es nötig — L. v. Buch ließ bekanntlich den Dolomit aus Kalkcarbonat und Magnesiumdämpfen entstehen —, die Gestalt der Erde noch jenseits ihrer Erstarrung zu betrachten, da wir dadurch auch in den Stand gesetzt werden, eine Erklärung für das Vorkommen der leichtlöslichen Mg-Salze zu finden.

Stellen wir uns die Erde in ihrem frühesten Stadium als weißglühende Dunstmasse vor, die in ihren physikalischen Eigenschaften unserer Sonne, wie sie jetzt ist, glich, so können wir mit vollem Rechte annehmen, daß sich neben den vielen anderen Elementen Magnesium, Chlor und Schwefel[1] in Dampfform in der Erddunstkugel befand. Auf niederere Temperatur herabgesunken schied sich zuerst Magnesium gebunden an Sauerstoff oder ein anderes Element ab. In einem weiteren Abkühlungsstadium verband sich Chlor mit dem Wasserstoff der Atmosphäre zu Chlorwasserstoffsäure und bildete mit den vorhandenen Wasserdämpfen Salzsäure.

Die schweflige Säure, die sich neben dem Chlor höchstwahrscheinlich ebenfalls in der Atmosphäre befand, bildete unter Einwirkung des Lichtes und der Wärme mit dem freien Sauerstoff der Luft Schwefelsäure, die ebenso mit dem niederfallenden Regen in die irdischen Wasser gelangte. Nehmen wir den eben beschriebenen Zustand der Erde an, und sollten in der Erddunstkugel sich Chlor usw. nicht als primäre Stoffe befunden haben, so müßten doch auf unserer Erde die eruptiven Vorgänge eine viel großartigere Tätigkeit entwickelt haben wie es heutzutage ist. Wenn auch die Protuberanzenbildung im Verhältnis zu ihrer viel geringeren Größe der Erde zur Sonne

[1] Schwefel fehlt allerdings der Sonne, Chlor ist noch unsicher.

Digitized by Google

nicht jene an das Fabelhafte grenzende Großartigkeit der Sonne erreichte, auf der ja Fackelhöhen von 500000 km vorkommen, so ist doch so viel gewiß, daß durch diese eruptive Tätigkeit des Erdballes, wenn wir die Protuberanzenbildung zu eruptiven Vorgängen zählen, der Atmosphäre genügende Mengen von Chlor und schwefliger Säure zugeführt wurden, um das Zustandekommen von Magnesiumsalzen zu ermöglichen, die sich dann später zu Dolomit mit den Kalksalzen vereinigten.

Es ist eine auffallende Tatsache, daß in den Dämpfen, die aus Vulkanen austreten, fast nach jeder Eruption Eisenchlorid [Chlor], Salmiak, neben Kohlensäure und schwefliger Säure gefunden wird. Es scheint mir dies erstens die Richtigkeit eines früheren Glutzustandes und zweitens das Vorhandensein eines noch feuerflüssigen Erdinnern zu beweisen[1], indem die früheren Verhältnisse jetzt noch im Erdinnern fortdauern und sich stellenweise durch größere oder kleinere Eruptionen bemerklich machen und auch heute noch ähnliche Gase zur Erdoberfläche fördern.

Neben den eben erwähnten Gasen der vulkanischen Eruptionen findet sich noch Kohlensäure und Chlornatrium. Kohlensäure kommt, da die kohlensaure Magnesia schon bei ungefähr 800° C. zerfällt, kaum in Betracht, dagegen verdient NaCl noch einige Bemerkungen. Chlornatrium tritt häufig bei den Eruptionen als Sublimationsprodukt auf, es muß also in den Dämpfen ebenfalls vorhanden gewesen sein. Es wäre nun

[1] Ich möchte hier dem Einwurf, daß aus so gewaltigen Tiefen der Erde die Gase kaum mehr herausbrechen könnten und daß die Vulkane, wie neuerdings ab und zu wieder angenommen worden ist, Öffnungen lokaler „Feuerherde" seien, die durch chemische Wirkungen auf ihrer hohen Temperatur erhalten werden, und gelegentlich äußerer Einwirkungen zur Eruption gedrängt werden, entgegnen, daß wir uns die Tiefe der größten Schwere und somit wahrscheinlich auch den der höchsten Temperaturen nicht so sehr fern von der Erdoberfläche vorstellen dürfen. Ich habe gezeigt, gestützt auf die HELMERT'schen Rechnungen, daß bei einem Abstande von der Erdoberfläche von 1148 km sich die spezifisch schwersten Massen konzentrisch angehäuft befinden, darüber und darunter lagern sich abnehmend nach ihrem spezifischen Gewichte immer leichtere Elemente. Wir dürfen daher wohl annehmen, daß der Sitz dieser Gase, die in einer dem flüssigen Zustande ähnlich dichten Form anzutreffen sein werden, sich in einem für diese nicht undurchdringlichen Abstande befindet (Geogn. Jahreshefte. Jahrg. 15. 1902. p. 5).

Digitized by Google

denkbar, daß dieses Salz, einmal in den Bereich des fließenden Wassers aus den eruptiven Massen gekommen, sich mit den festen Magnesiaverbindungen umsetzen konnte. Es zeigt aber Natrium in allen seinen Verbindungen eine größere Affinität zu Chlor, so daß eine Umsetzung unter gewöhnlichen Verhältnissen in diesem Sinne nicht denkbar erscheint.

Um die löslichen Salze von Magnesium, die zur Dolomitbildung nötig sind, zu erklären, wäre es noch möglich anzunehmen, daß diese durch Quellen aus der Tiefe gebracht worden seien.

Es finden sich aber im Vergleich zu den Dolomitablagerungen verhältnismäßig nur wenige Quellen, die als Bitterwässer Magnesiasalze gelöst führen.

Vergegenwärtigt man sich, daß Dolomite als Schichtgesteine fast in jeder geologischen Formation vorkommen, und daß diese bis zu 1000 m Mächtigkeit erlangen und auf weite Strecken ausgedehnt sich finden, so wird man zur Überzeugung kommen, daß, abgesehen vielleicht von lokalen Bildungen, die Quellen diese Magnesiasalzmengen nicht geliefert haben können.

Da ferner die Flüsse ebenfalls nur eine verhältnismäßig geringe Menge an Magnesiumsalzen enthalten, so müssen wir uns, um die erforderlichen Magnesiasalzmengen zu erhalten, nach einer anderen Bezugsquelle umsehen, und finden diese am besten und leichtesten im Meere.

Die Menge der auf der Erde in den Meeren vorhandenen Wassermasse wird zu ungefähr 1290 Mill. cbkm angenommen. Es ist nun eine auffallende Tatsache, daß mit geringen Unterschieden fast sämtliche Meere einen wenig verschiedenen Gehalt an gelösten Salzen aufweisen:

	Lagunen bei Venedig	Hafen von Livorno	Mittelmeer b. Cette	Stiller Ozean	Atlant. Ozean	Nordsee	Rotes Meer
$NaCl$ . .	22,34	26,19	29,42	25,88	26,4—29,5	25,5	30,30
KCl . .	0,83	1,11	0,50	—	—	—	2,88
$BrNa$ . .	—	—	0,5	0.3—0,4	0,3—0,5	0,37	0,64
$MgCl_2$.	2,59	3.02	3,21	4,88	4,42	4,64	4,04
$CaSO_4$.	0,60	0,89	1,35	1,62	1,55—2,04	1,62	1,79
$MgSO_4$.	2,75	3,09	2,47	1,17—1,10	0,58—1.06	0,70	2,74
K_2SO_4 .	—	—	—	1,35—1,32	1,49—1,81	1,52	2,95
$CaCO_3$.	—	—	0,11	—	—	—	—
Fe_2O_3 . .	—	—	0,003	—	—	—	—

Digitized by Google

Die Zahlen dieser Tabelle geben die Menge der gelösten Salze in Grammen aus 10 l Meerwasser an. Nimmt man nun eine mittlere Chlormagnesiummenge von 3,2 und von schwefelsaurer Magnesia von 2,1 g an, so ergibt dies für die gesamten Meere eine Menge, die hinreichend erscheint, um die größten Dolomitmassen zu bilden.

Nachdem wir nun gesehen, daß man die Herkunft der Magnesiumsalze und ihre nötige Menge unschwer erklären kann, scheint es nötig, das Vorkommen der Dolomite von einigen Punkten etwas zu betrachten.

Im allgemeinen kann man sagen, daß Dolomitgesteine wohl keiner Formation fehlen; vom Silur an bis herauf zum Jura finden sie sich in mehr oder weniger mächtigen Ablagerungen, z. T. in Wechsellagerung mit Kalken. Schwächer vertreten sind sie in der Kreide und im Tertiär, in dem aber stellenweise nicht unbeträchtliche Süßwasserbildungen usw. dieses Gesteins angetroffen werden.

Es ist nun ferner eine merkwürdige Erscheinung, daß, obwohl wir über Gesteinsarten wie Sandstein, ich erinnere nur an den Buntsandstein und den Keupersandstein usw., die ausgiebigsten Beschreibungen haben, gerade von Dolomit viel weniger, soweit wenigstens meine Literaturkenntnis geht, über die Art und Weise des Auftretens, von der Wechsellagerung mit anderen Gesteinen, kurz über das geologische Auftreten davon in neuerer Zeit vorfinden. Es ist dies zwar auffallend, doch scheint es mir dadurch leicht erklärlich zu sein, da gerade diese Gesteinsart öfters nicht sofort richtig erkannt werden und im Felde man wohl häufig im Zweifel sein kann, ob man Dolomit, Kalk oder einen Mergel vor sich hat. Da aber in allen diesen Fällen auch noch Übergänge von einer Gesteinsart in die andere vorkommen, so erschwert sich die richtige Deutung noch mehr. Die Hauptschwierigkeit liegt aber wohl darin, daß es bis jetzt noch keine gute Definition gibt, was unter Dolomit eigentlich zu verstehen ist.

Reiner Normaldolomit, in dem das Verhältnis von $CaCO_3$ zu $MgCO_3 = 1:1$ ist, in dem also 45 % $MgCO_3$ und 55 % $CaCO_3$ enthalten sind, dürfte in der Natur nur selten als Schichtgestein vorkommen, dagegen finden sich in den geologischen Ablagerungen mit geringer Ausnahme wohl alle Ver-

Digitized by Google

hältnisse von 1% Magnesiacarbonat und 99% Kalkcarbonat bis zu 44% $MgCO_3$ und 56% $CaCO_3$ vertreten. Da es somit für Dolomit keine scharfe präzise Definition gibt und häufig zu seiner Unterscheidung von Kalkcarbonat verdünnte Salzsäure benützt werden muß, so stößt die genaue Beschreibung eines Dolomitprofils, wie sie sonst bei anderen Gesteinen üblich ist, auf große Schwierigkeiten.

Doch wenden wir uns einigen Dolomitvorkommen zu, um später bei der Erklärung der Dolomitbildung charakteristische Beispiele an der Hand zu haben[1]. Wohl eine der auffallendsten und merkwürdigsten Dolomitbildungen findet sich am Schlern. Hier erreicht dieses Gestein die enorme Mächtigkeit von ungefähr 1000 m. Poröse, drusige Felsmassen, die ohne dünnere Schichtung sind, höchstens stellenweise schlecht ausgebildete Bankung zeigen, von unregelmäßigen Klüften, ähnlich dem Wettersteinkalk, durchzogen sind, fast keine Versteinerungen, auf jeden Fall keine einigermaßen gut erhaltenen führen, bauen diese mächtige Gebirgsmasse auf. Das Liegende dieser Dolomite bilden auf der Südseite rote und gelbe Letten und Kalke und ihr Hangendes ist eine Schichte grauer Letten von mehreren Metern Mächtigkeit[2].

Das Profil, das die Nordseite des Berges bildet, ist etwas anders. Hier liegen auf einem mächtigen Melaphyrlager glaukonitische Mergel, Melaphyrtuff und auf diesen konkordant der Schlerndolomit. Der Schlerndolomit selbst wird stellenweise kalkreicher, nimmt den Charakter des Wettersteinkalkes an und geht schließlich in reinen Kalk über[3]. Das Dolomitgestein ist vielfach aus gut entwickelten Rhomboedern zusammengesetzt, die sich hauptsächlich in den Drusen gut ausgebildet zeigen. Es scheint, als ob die ganze Masse erst später durch Umkristallisierung in ihre jetzige Gestalt gekommen wäre, wodurch das Fehlen jeder deutlich erhaltenen Versteinerung erklärt werden könnte. Auf jeden Fall müssen

[1] Auf die älteren Beschreibungen von Dolomitvorkommen, wie sie Bischof in seinem Lehrbuch gibt, will ich nicht eingehen, da sie zu sehr im Banne alter Hypothesen zu stehen scheinen, und vieles davon wohl noch der weiteren Aufklärung bedarf.

[2] Rothpletz, Geologischer Querschnitt. p. 46.

[3] Rothpletz, p. 50.

Digitized by Google

hier lange Zeit die gleichen Verhältnisse geherrscht haben; ein Absatz des Dolomits in Lagunen oder kleinen Pfützen kann der Einheitlichkeit und des Fehlens einer deutlichen Schichtung halber kaum angenommen werden.

Andere Dolomitablagerungen, wie z. B. der Hauptdolomit des alpinen Keupers, zeigen stellenweise eine ausgezeichnete Schichtung, bei der die Mächtigkeit der einzelnen Lagen von wenigen Zentimetern bis zu mehreren Metern wechselt.

Bitumengehalt ist in ihnen ziemlich häufig, ja es reichert sich derselbe sogar mancherorts so stark an, daß Asphaltschiefer, wie bei Scharnitz in Tirol und im Gleyerstale, entstehen, die einen abbauwürdigen Gehalt an einem asphaltähnlichen Kohlenwasserstoff enthalten, doch nimmt, wie es scheint, der Magnesiagehalt der Schichten mit zunehmendem Bitumengehalt ab[1]. Ob noch mächtigere Dolomitmassen wie der hier erwähnte Schlerndolomit und Hauptdolomit der alpinen Trias vorkommen, mag dahingestellt bleiben, auf jeden Fall geht aus diesen Schichtgesteinen hervor, daß die Dolomite sich fast ebenso abgelagert haben, wie die reinen Kalkcarbonatgesteine. Allmähliche Übergänge von Dolomit zu reinem Kalkcarbonat mögen wohl in der Natur nicht zu häufig vorkommen, in der Literatur sind sie, soweit wenigstens meine Kenntnis darüber reicht, in neuerer Zeit nur seltener erwähnt. In letzter Zeit hat Philippi ein solches von Conchodon-Dolomit eingehender beschrieben[2]. Der Conchodon-Dolomit, ein vielleicht zur obersten Trias, vielleicht aber schon zum unteren Lias gehöriges Gebilde, kommt in zwei verschiedenen Gesteinstypen vor. Der eine ist ein hellgelbliches, leicht zu Dolomitsand zerfallendes Gestein, der andere aber ist ein dichter, dunkelbrauner, fast schwarzer dolomitischer Kalk. Es findet sich am Passo di Pallio[3], zwischen dem Moterone und Imagua-Tal, auf der Höhe des Passes das dunkle, mit vielen hellen Kalkspatadern durchsetzte dolomitische, häufig auch etwas brecciöse Gestein, wenige Schritte davon jedoch, einige Meter tiefer, nur mehr der grobkörnigere hellere Dolomit. Eine Grube in dem hellen Gestein zeigt nun, daß auch hier noch der

[1] Rothpletz, p. 26.
[2] Philippi, dies. Jahrb. 1899. I. p. 38.
[3] Philippi, p. 39.

Digitized by Google

dunkle dolomitische Typus vertreten, dieser aber äußerlich in hellen Dolomit umgewandelt ist. Die dunkle Gesteinsmasse ist demnach das ursprüngliche, die helle das umgeänderte Gestein. Platten aus einem solchen Stück geschliffen lassen den inneren Teil noch vollständig dicht und dunkelrauchgrau erscheinen. Helle „Einsprenglinge“ sind z. T. unregelmäßig in der dichten Grundmasse verteilt, z. T. sind sie in Schnüren angeordnet. Nach außen nehmen diese Einsprenglinge an Größe zu, bis sie schließlich die dunkle Grundmasse vollständig verdrängen. Die äußere Hülle besteht aus einer hochkristallinen, meist gelben Substanz, in der von der ursprünglichen dunklen Grundmasse nichts mehr zu sehen ist. Nur die äußeren Teile dieser kristallinen Hülle sind locker und porös und haben Neigung, leicht zu Grus zu zerfallen. Von den verschiedenen Umwandlungsstadien wurden quantitative Analysen angefertigt: I. vom inneren dunklen Kern, II. anfangende Umwandlung, III. äußere helle hochkristalline Rinde, IV. loser Sand der äußersten, der bei Reiben mit dem Finger von selbst abfiel.

	I.	II.	III.	IV.
Rückstand	0,81	0,16	0,28	0,16
CaO	54,16	35,86	31,38	31,33
MgO	1,38	17,38	21,04	20,99
Dies entspricht . .	97,0%	63,8	55,9	56,0 $CaCO_3$
	3,0	36,2	43,9	43,9 $MgCO_3$

Es ist dies eine äußerst interessante Beobachtung, die Philippi hier mitteilt, und eine der wenigeren, die ich in der Literatur finden konnte. Auf die Entstehungsursache dieser Erscheinungen will ich hier noch nicht eingehen und sie, sowie die Ansichten darüber, in einem späteren Abschnitt näher besprechen.

Ich habe in meiner früheren Arbeit[1] schon darauf hingewiesen, daß im fränkischen Juragebiete ähnliche Übergänge dieser Gesteinsarten nicht zu selten zu beobachten sind. Nahe Muggendorf, am nördlichen Talgehänge, stehen noch ungefähr in halber Höhe des Abhanges die Plattenkalke des unteren Malm an. Wenige Meter höher finden sich schon die porösen, zerfressenen und stark kristallinen Lagen des Dolomits. Übergänge von Kalk zu Dolomit finden sich hier in der mannig-

[1] Dies. Jahrb. Beil.-Bd. IX. 1894.

Digitized by Google

faltigsten Weise. Der helle, fast schneeweiße Kalk, der hier am Hang überall ansteht, geht in eine bräunlichgraue, schon für das unbewaffnete Auge sofort erkennbare kristalline Masse über. Beim Zerschlagen der einzelnen Gesteinsbrocken zeigt sich, daß die Dolomitisierung wie verzahnt in den Kalk hineingreift. Längs Spalten oder Rissen zieht sich die Umänderung abwärts in das Gestein, auf allen Seiten sich verästelnd, das unzersetzte Gestein wurzelartig durchsetzend. Nach unten zu nimmt die Dolomitisierung immer mehr ab, verschwindet schließlich ganz und reiner Kalk bildet das anstehende Gestein. Dabei verläuft dieser Vorgang so, daß zwischen dem umgeänderten Gestein und dem ursprünglichen nicht ein für das bloße Auge unbemerkbarer Übergang eintritt, sondern zwischen dem jüngeren und älteren Gestein, dem Kalk, ist überall eine deutliche Grenze vorhanden, so daß auf den ersten Blick die dolomitischen Bestandteile von den reinen Kalkmassen unterschieden werden können.

Eine Analyse von dem unveränderten Kalk und einer aus dem Kalk herauspräparierten Dolomitverästelung zeigt folgende chemische Zusammensetzung:

$CaCO_3$	83,0 %
$MgCO_3$	16,1
Fe_2O_3 + Unlösliches .	1,0

Der weiter oben anstehende Dolomit hat die Zusammensetzung:

$CaCO_3$	54,80
$MgCO_3$	42,14
Unslösliches + Fe_2O_3	3,02

Der liegende Plattenkalk aber entspricht:

$CaCO_3$	97,9
$MgCO_3$	2,1.

Eine andere, höchst charakteristische Stelle, an der ebenfalls die Übergänge sehr gut zu beobachten sind, findet sich bei Weidensees unfern Pegnitz.

Hier bilden das Liegende des Dolomits die Krebsscheren-Kalke, oben an der Bergeshöhe stehen die Dolomite an. Eine Analyse des Dolomits ergab:

$CaCO_3$	53,1
$MgCO_3$	43,7
Unlöslich	2,0.

Digitized by Google

Die Krebsscheren-Kalke selbst haben nach A. Schwager die Zusammensetzung:

$CaCO_3$	97,73%
$MgCO_3$	2,27.

Der Übergang vom Kalk zum Dolomit findet auch hier in der Weise statt, daß dieses Gestein wie mit Ausläufern in den Kalk hineingreift, ganz ähnlich wie bei dem oben genannten Punkte nahe Muggendorf, nur besteht bei Weidensees der Unterschied, daß das Ineinandergreifen der Gesteine nicht in einer so fein verzweigten Art vor sich geht, sondern daß die „Verzahnung" größer und nicht stark verzweigt in dem Kalkgestein ausgebildet ist. Die Grenzen zwischen den beiden Gesteinsarten sind auch hier scharf und gut und mit bloßem Auge leicht zu beobachten.

Eine Analyse einer solchen im Kalk sitzenden Dolomitverzweigung ergab:

$CaCO_3$	81,5
$MgCO_3$	16,9
Unlöslich	1,5.

Schon Gümbel gibt in seiner Beschreibung der Fränkischen Alb eine Analyse, ebenfalls ausgeführt von A. Schwager, an, mit der Bemerkung: „Plattenkalk, übergehend in Dolomit"; diese setzt sich zusammen aus:

$CaCO_3$	62,42
$MgCO_3$	37,58.

Nach dieser kurzen Beobachtung von einigen Dolomitvorkommen und ihren Übergängen zu kohlensaurem reinen Kalk erscheint es nötig, auf die in der Natur vorkommenden Mischungsverhältnisse zwischen diesem Salz und kohlensaurer Magnesia etwas näher einzugehen.

Die verschiedene Zusammensetzung ergibt folgende Analysenzusammenstellung in % ausgerechnet:

	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Unlösl.	Fe_2O_3
Gräfenberg. Kalk der Tenuilobatenschichten. A. Schwager in Gümbel: Fränkische Alb	99,9	1,08	—	—
Hauersberg bei Streitberg. Tenuilobatenschichten. A. Schwager, ibid. p. 128 . .	97,83	2,17	—	—
Juragestein von Streitberg. Halenke, Inaug.-Diss. Erlangen 1872	95,71	3,55	1,02	0,004

Digitized by Google

	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Unlösl.	Fe_2O_3
Juragestein vom Adlerstein bei Muggendorf. A. Schwager in Gümbel: Fränk. Alb. p. 130	95,41	4,59	—	—
Juragestein vom Walburgisberg bei Forchheim. F. Pfaff sen., Pogg. Ann. 1852. 3. **163**. 612	95,06	1,71	—	—
Juragestein von Streitberg. Halenke, l. c. .	93,20	3,81	2,12	6,17
Juragestein vom Walburgisberg. Pfaff sen., Pogg. Ann. 1852. 3.	91,00	4,11	4,38	—
Juragestein von Muggendorf. Halenke, l. c.	90,31	4,62	4,23	0,50
Dolomitischer Kalk des Dachsteinkalkes. Paradiesspitze. Doelter-Hörnes, l. c. p. 322	88,3	12,4	6,67	6,85
Dolomitisches Gestein, Frankenjura. Pfaff, 1852. 3. l. c.	86,45	6,32	7,23	—
Dolomitischer Kalk der Raibler Schichten, Schlern. Doelter-Hörnes, p. 321 . . .	85,7	14,3	1,75	0,99
Dolomitischer Kalk der Wengener Schichten von der Marmolata. Doelter-Hörnes . .	84,8	13,9	0,64	0,63
Frankenjuradolomit. Pfaff sen., Pogg. Ann. 1851. 1.	82,0	11,22	6,88	—
Frankenjuradolomit. Pfaff sen., Pogg. Ann. 1852. 3.	80,25	14,12	5,48	—
Frankenjuradolomit. Pfaff sen., Pogg. Ann. 1852. 3.	79,16	2.03	17,15	—
Zechsteindolomit, Lasener Hang (Reuß). Liebe, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 7. 1855. 419. .	77,95	11,71	4,18	4,01
Juragestein von Streitberg. Halenke, l. c. .	77,42	20,01	1,20	1,10
Juragestein von Streitberg. Halenke, l. c. .	76,43	21,01	1,58	1,16
Zechsteindolomit, Zschippern (Reuß). Liebe, l. c. p. 415	76,33	17,42	1,43	2,49
Juradolomit aus der fränk. Schweiz. Pfaff, l. c. 1851. 1. p. 485	75,35	17,38	7,27	—
Juradolomit von Streitberg. Halenke, l. c. .	73,44	21,85	3,36	1,67
Juradolomit. Pfaff, l. c. 1851. 1. p. 485 .	72,16	24,44	2,90	—
Dolomit vom Schildstein b. Lüneburg. Karsten. Karsten, Archiv f. Min. **22**. 1848. 591 .	71,8	29,4	—	—
Juradolomit. Halenke, l. c.	71,42	23,26	4,59	1,41
Dolomit vom Staffelberg bei Banz. Reinsch, dies. Jahr. 1859. p. 412	70,8	29,2	—	—
Juradolomit von Streitberg. Halenke, l. c. .	68,65	27,52	1,88	1,74
Juradolomit von Eggloffstein. Reinsch, l. c.	67,0	33,0	—	—
Juradolomit von Schwarzfeld bei Donauwörth. A. Schwager in Gümbel: Fränk. Alb. p. 136	63,55	31,45	—	—
Süßwasserdolomit von Steinheim. Haushofer, Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. 1881. **11**. 220 .	62,98	31,81	—	—
Juradolomit. Pfaff, l. c. 1852. 3. p. 602 .	62,55	35,77	—	—
Dolomitsand von Brunn bei Pegnitz. A. Schwager in Gümbel: Fränk. Alb	62,42	37,58	—	—

Digitized by Google

	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Unlösl.	Fe_2O_3
Zechsteindolomit von Pfirdten, Reuß. Liebe, l. c. p. 415	62,22	36,82	2,75	2,22
Juradolomit. Pfaff, l. c. 1851. 1.	60,33	38,17	1,40	—
Juradolomit. Pfaff, l. c. 1852. 3.	60,28	38,99	0,47	—
Schlerndolomit, Schlern. Doelter-Hörnes, l. c. p. 321	59,3	33,9	0,71	2,14
Juradolomit von Rabeneck, fränkische Schweiz. Halenke l. c.	59,06	39,48	0,91	1,41
Dolomit des Monte Somma. Haushofer, l. c. p. 223	58,86	41,18	—	—
Juradolomit von Rabenstein. Halenke, l. c.	58,62	37,90	2,54	0,80
Dolomitspat von Brunek in Tirol. Haushofer, l. c.	58,36	41,37	0,25	—
Dolomit aus dem Damlinger Holz bei Ingolstadt. A. Schwager in Gümbel: Fränk. Alb	58,29	41,71	—	—
Juradolomit. Halenke, l. c.	58,02	40,26	1,44	1,58
Dolomit vom Tholaberg bei Redwitz, Fichtel-Gebirge. Haushofer	58,13	41,87	—	—
Juradolomit. Pfaff sen., 1852. 3	57,37	39,78	0,75	—
Dolomit des Monte Somma. Haushofer, l. c.	57,25	42,75	—	—
Juradolomit. Pfaff sen., 1852. 3. p. 601	57,23	39,00	2,04	—
Dolomit von Muggendorf. Gorup-Besanez, Ann. d. Chem. u. Pharm. VIII. Suppl.	57,21	42,19	—	—
Dolomit (Jura) aus dem Köschinger Forst. A. Schwager, l. c.	57,08	42,92	—	—
Juradolomit. Pfaff sen., 1853. 3.	56,82	42,00	1,07	—
Juradolomit von Neuburg a. Donau. A. Schwager, l. c.	56,80	43,20	—	—
Dolomit von der Marmolata. Doelter-Hörnes, l. c.	56,2	43,7	1,02	1,22
Juradolomit vom Engelhardsberg, reich an Versteinerungen. A. Schwager	55,93	42,52	1,01	1,40
Juradolomit aus der Sophienhöhle bei Rabenstein. Halenke, l. c.	55,19	41,50	2,83	0,47
Juradolomitsand von Pegnitz. Pfaff jun., dies. Jahrb. Beil.-Bd. IX. p. 499	55,0	43,3	1,1	—
Dolomit der Wengener Schichten von Gröden. Doelter-Hörnes l. c.	54,9	44,7	0,11	0,3
Dolomit vom Tribulaun. Haushofer, l. c.	54,57	45,33	—	—
Juradolomit vom Pottenstein. Halenke, l. c.	54,55	43,81	0,93	0,31
Dolomit v. Limonardi-Neochosi. Pfaff jun., l. c.	54,4	44,9	—	—
Mendoladolomit von der Fordoja-Alb. Doelter-Hörnes, l. c.	53,9	45,11	0,79	1,81
Juradolomit vom Tüchersfeld. Halenke, l. c.	53,66	44,62	0,75	0,53
Dolomitspat vom Greiner in Tirol. Haushofer, l. c.	53,55	44,51	—	2,02

Digitized by Google

	$CaCO_3$	$MgCO_3$	Unlösl.	Fe_2O_3
Dolomit vom Schildstein bei Lüneburg. Karsten, l. c.	52,60	42,15	—	—
Juradolomit. Pfaff sen. 1851. 1.	52,43	43,00	4,24	—
Mendbladolomit vom Schlern. Doelter-Hörnes, l. c.	50,2	44,7	2,32	—
Dolomit v. Segeberg in Holstein. Karsten, l. c.	25,4	74,6	—	—
Dolomit v. Segeberg in Holstein. Karsten, l. c.	20,9	79,6	—	—

Es wäre ein Leichtes, diese Analysen auch noch um eine beträchtliche Anzahl zu vermehren; ich wollte aber erstens jene Analysen, die einen beträchtlichen unlöslichen Rückstand sowie eine größere Menge von Eisen und Tonerde aufweisen, außerhalb dieser Besprechung lassen, weil das Experiment ergeben hat, daß schon geringfügige Beimengungen bei Versuchen zur künstlichen Darstellung des Dolomits das Endresultat erheblich verändern können, und zweitens alle Dolomitmergel, bei denen ja häufig der Dolomitgehalt hinter den anderen Bestandteilen zurückbleibt, als nicht eigentlich zu den Dolomiten gehörig hier nicht weiter erwähnen, da die chemischen Vorgänge, die bei der Bildung dieses Gesteins immerhin nicht so einfach sind, durch so erhebliche Beimengungen von Tonerde und Eisenoxyd usw., von denen nicht bestimmt werden kann, wie sie auf die Lösungs- und Sättigungsverhältnisse der anderen Salze einwirken, zu stark beeinflußt werden können.

Betrachtet man diese Analysen, so findet sich, daß $CaCO_3$ zu $MgCO_3$ von 99 % zu 1 bis zu 27 % $CaCO_3$ zu 72 % $MgCO_3$ in fast allen denkbaren Verhältnissen in der Natur vorkommt, mit der einen Einschränkung, daß Gemische von diesen reinen Salzen mit einem Gehalt von 7—11 % $MgCO_3$ fast vollständig fehlen. Soweit ich auch die Literatur durchgesehen habe, so kam mir doch von diesem Prozentsatz keine einzige einwandfreie Analyse eines reinen Dolomits zu Gesicht, so daß sich hieraus die Tatsache zu ergeben scheint, daß solche Gemische in dem Verbindungsvermögen dieser zwei Salze fehlen.

Wie schon auf einer früheren Seite erwähnt worden ist, findet sich in der Literatur keine genaue Definition für Dolomit. Es scheint mir nun durch diesen Umstand, daß zwischen 7—11 % Magnesiagehalt in der Natur keine Gesteine vor-

Digitized by Google

zukommen scheinen, von der Natur selbst ein Hinweis gegeben zu sein, was diesem Gestein zuzurechnen ist.

Ich bezeichne daher alle jene Gesteine, die mehr als 11 % Magnesiacarbonat enthalten, als Dolomite, und jene, die weniger als 7 % enthalten, als Kalkgesteine. Ich werde daher in meinen weiteren Erörterungen hauptsächlich nur jene Gesteine einbeziehen, die mindestens einen Magnesiumcarbonatgehalt von 11 % führen.

Nachdem wir somit unzweideutig definiert haben, was unter Dolomit zu verstehen ist, müssen wir uns einer anderen Eigenschaft dieses Gesteins, nämlich seiner Löslichkeit in Säuren und kohlensäurehaltigen Wässern, zuwenden.

Überblickt man die nicht gerade wenigen Zeilen in der Literatur, die sich mit der Löslichkeit des Dolomits beschäftigen, so ist es auffallend, daß selbst über diesen Gegenstand, der doch sicher im Vergleich zu der Bildung der Gesteine sehr einfach zu sein scheint, die Meinungen sehr weit auseinandergehen, und daß selbst die Resultate dieser doch immerhin einfacheren Versuche, die zu diesem Zwecke angestellt wurden, durchaus nicht gleichlautend sind. Betrachtet man aber die Analysen, so wird man sich darüber nicht wundern können, da das, was unter dem Namen Dolomit zusammengefaßt wird, eben von zu verschiedener Zusammensetzung ist. Einfacher liegen die Verhältnisse bei reinem durchsichtigen Dolomitspatmaterial, doch scheint selbst dieses in destilliertem Wasser nicht vollständig unlöslich zu sein.

Nach Cossa[1] löst destilliertes Wasser, das bei gewöhnlichem Atmosphärendruck mit CO_2 gesättigt ist, in 10000 Teilen 1,15 Teile Magnesit und 3,20 Teile Dolomit, dagegen 10—12 Teile Kalkspat.

Die Ansichten der verschiedenen Autoren über die Löslichkeit dieses Gesteins in Säuren gehen jedoch ganz erheblich auseinander.

So gibt Bischof[2] an, daß kohlensäurehaltiges Wasser aus einem Gestein, das 11,54 % Magnesiacarbonat enthielt, nach 24 Stunden nur Kalkcarbonat und Spuren von Magnesiacarbonat gelöst hat. Scheerer fand (dies. Jahrb. 1886. p. 11),

[1] Brauns, Chem. Mineralogie.

[2] Bischof, Chem. Geologie. I. Lief. 2. 1176.

Digitized by Google

daß bei einem 9 % Magnesia enthaltenden Gestein ebenfalls nur Spuren dieses Salzes in Lösung gegangen waren, dabei aber ziemlich viel Kalkcarbonat, wie leicht erklärlich ist.

Zu demselben Ergebnis gelangten Doelter und Hörnes, die zu ihren diesbezüglichen Untersuchungen einen Dolomit der Wengener Schichten von der Zusammensetzung

$CaCO_3$	84,82 %
$MgCO_3$	13,94

verwandt hatten. Letztere Forscher ließen einen Kohlensäurestrom durch Wasser, in dem sich das fein gepulverte Gestein befand, 24 Stunden streichen; es hatte sich 12,8 % kohlensaurer Kalk gelöst, dagegen nur eine starke Spur von Magnesiacarbonat.

Gorup-Besanez behandelte Dolomitpulver mit kohlensäurehaltigem Wasser; nach 5 Tagen war in Lösung gegangen, bezüglich in 1 l gelöst:

0,1200 $CaCO_3$	55,2 %
0,0982 $MgCO_3$	44,7.

Der Rückstand bestand aus:

$CaCO_3$	56,74 %
$MgCO_3$	43,26,

nach 8 Tagen war in Lösung gegangen und im Rückstand:

$CaCO_3$ 0,1334 . . .	55,8	im Rückstand . .	55,85 %
$MgCO_3$ 0,1054 . . .	43,9	„ „ . .	44,15,

nach 21 Tagen aber:

$CaCO_3$ 0,2314 . . .	57,8	im Rückstand . .	57,54 %
$MgCO_3$ 0,1710 . . .	42,1	„ „ . .	42,46.

Das ursprüngliche Gestein enthielt:

$CaCO_3$	55,03 %
$MgCO_3$	40,9
$FeCO_3$	1,6
$SiO_2 + Al_2O$ . . .	1,03

Es zeigt somit diese Versuchsreihe, daß, obwohl das Gestein etwas mehr Kalkcarbonat, als dem reinen Normaldolomit zukommt, enthielt, durch kohlensäurehaltiges Wasser nach 5 Tagen eine dem Normaldolomit sehr nahe kommende Menge mit 55,2 % $CaCO_3$ und 44,7 % $MgCO_3$ in Lösung ging; nach 8 Tagen hatte die Lösung fast die gleiche Zu-

Digitized by Google

sammensetzung, dagegen war nach 21 Tagen eine erheblich größere Menge von Kalk, als es dem Normaldolomit eigen ist, gelöst worden.

Es gehen somit die Ansichten über die Löslichkeit des Dolomits ganz erheblich auseinander, denn während Bischof, Scheerer und Doelter-Hörnes fanden, daß kohlensäurehaltiges Wasser nur Spuren von Magnesia zu lösen imstande ist, geht aus den Versuchen von Gorup hervor, daß durch diese Säure fast reiner Normaldolomit sich löst.

Sehen wir nun zu, wie sich diese Verhältnisse gestalten bei Anwendung von verdünnten anderen Säuren. Am häufigsten dürfte wohl die Löslichkeit unseres Gesteins in verdünnter Essigsäure untersucht worden sein. Schon Karsten hatte gefunden, daß kalte verdünnte Essigsäure aus einem magnesiahaltigen Muschelkalk aus der Umgegend von Lüneburg, der 0,2—5,7 % $MgCO_3$ enthielt, nach längerer Behandlung reinen Normaldolomit hinterläßt, er faßte daher dieses Gestein als ein Gemisch von Dolomit und kohlensaurem Kalk auf[1]. Ein anderer Versuch mit Kluftgesteinen, die in Gipslagen am Schildstein bei Lüneburg gefunden worden waren, ergab ganz andere Resultate. Hier konnte aus diesem Gestein durch Essigsäure und selbst durch schwache Salzsäure der ganze Gehalt an kohlensaurem Kalk ausgezogen werden, so daß nur reine $MgCO_3$ übrig blieb. Karsten hält daher dieses Gestein als ein Gemisch von Kalkspat und Magnesit[2].

Forchhammer[3] unterwarf einen dolomitischen Kalkstein von Faxö, der 16,5—17 % $MgCO_3$ enthielt, der Einwirkung von verdünnter Essigsäure und erhielt dadurch ein Pulver, das 41,52 % $MgCO_3$ enthielt, als Rückstand. Die Lösung selbst enthielt 97 % $CaCO_3$ und 3 % $MgCO_3$.

Einigermaßen andere Ergebnisse erhielt Pfaff sen.[4], als er einen Dolomit des Frankenjuras aus der Gegend von Muggendorf während 24 Stunden mit verdünnter Essigsäure behandelte. Das ursprüngliche Gestein hatte die Zusammensetzung:

[1] Karsten, Archiv f. Min. 1848. **22**. 598.
[2] Karsten, Archiv f. Min. **22**. 592.
[3] Forchhammer, Journ. f. prakt. Chem. 1850. **49**. 55.
[4] Pogg. Ann. 1851. **158**. 487.

Digitized by Google

$CaCO_3$	60,33 %
$MgCO_3$	38,27
Unlöslich	1,40.

In Lösung war gegangen:

$CaCO_3$	69,15 %
$MgCO_3$	30,80,

der ungelöste Rückstand bestand aus:

$CaCO_3$	40,1 %
$MgCO_3$	59,8.

Es war demnach mehr kohlensaurer Kalk in Lösung gegangen und ein Rückstand ungelöst geblieben, der für einen Normaldolomit einen zu großen Magnesiagehalt hatte. Pfaff nimmt daher an, daß dieser in verdünnter Essigsäure ungelöst zurückgebliebene Teil ein Gemisch aus Magnesit und Kalkspat sei.

Ähnliche Resultate erhielt Roth, der zu seinen Untersuchungen ebenfalls einen Dolomit aus einer Spaltausfüllung des Gipses bei Segeberg[1] verwendete; auch er erhielt durch verdünnte Essigsäure fast reines Magnesiumcarbonat. Ein ähnliches Gestein vom Schildstein aus der Umgegend von Lüneburg dagegen lieferte ihm einen Rückstand, der der Zusammensetzung von $3CaCO_3$ auf $2MgCO_3$ entsprach, also mehr Kalkcarbonat enthielt, als dem Normaldolomit entspricht.

Doelter und Hörnes behandelten einen Dolomit des Schlern zuerst mit kohlensäurehaltigem Wasser und erhielten neben Kalk eine deutliche Spur von Magnesia in Lösung, mit Essigsäure der Versuch erneuert, erhielten sie von 2,355 g des ursprünglichen Dolomits in Lösung:

$CaCO_3$	1,698 g
$MgCO_3$	0,1566 „

d. h. es bestand also die Lösung aus

$CaCO_3$	91,5 %
$MgCO_3$	8,5.

Da das ursprüngliche Gestein die Zusammensetzung hatte von:

$CaCO_3$	84,42 %
$MgCO_3$	13,94

[1] Roth, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1852. p. 565.

Digitized by Google

so war das Verhältnis in der Lösung noch viel abweichender vom Normaldolomit als das des angewandten Gesteines[1].

Aus einem Dolomit des Monte Somma konnte Roth durch verdünnte Essigsäure fast reinen Normaldolomit isolieren[2].

Zu den gleichen Ergebnissen gelangte Hoppe-Seyler, der zu seinen Versuchen einen Dolomitspat aus dem Kaiserstuhl und einen Dolomit von Botzen verwendet hatte. In der Lösung sowie im ungelöst gebliebenen Teil waren Kalk und Magnesia in äquivalenten Mengen vorhanden. Andere Resultate dagegen erhielt er bei Behandlung von Wellendolomiten und von solchen der Scesaplana; hier ging mehr $CaCO_3$ in Lösung, so daß ein $MgCO_3$-reicher Rückstand blieb, Resultate, die sich mit denen von Pfaff sen. an Juradolomit angestellten decken[3].

Eine größere Reihe von Versuchen über diesen Gegenstand hat Haushofer angestellt[4].

Er fand, daß sich von einem wasserklaren Kristall vom Greiner im Zillertal, der die Zusammensetzung

$CaCO_3$	53,55 %
$MgCO_3$	44,51
$FeCO_3$	2,02

hatte, in 48 Stunden in 50 % Essigsäure lösen ca. 35,16 % von der Zusammensetzung:

$CaCO_3$	51,75
$MgCO_3$	46,06
$FeCO_3$	2,19,

der ungelöste Teil hatte die Zusammensetzung:

$CaCO_3$	54,44
$MgCO_3$	43,60
$FeCO_3$	1,94.

In 25 % Essigsäure lösten sich 35,16 %, sie bestanden aus:

$CaCO_3$	53,39
$MgCO_3$	45,19
$FeCO_3$	1,42

der ungelöste Teil bestand aus:

[1] Doelter und Hörnes, Jahrb. d. k. k. geol. Reichsanst. 1875. p. 328 ff.
[2] Roth, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 4. 1852. 565.
[3] Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 1875. 22. 499.
[4] Haushofer, Sitz.-Ber. d. k. b. Akad. d. Wiss. 1881. 11. 220.

Digitized by Google

$CaCO_3$ . . . . . 53,56 %
$MgCO_3$ 44,07
$FeCO_3$ . . . . . 2,37.

Mit 15 % Essigsäure wurde eine Lösung erzielt, welche

$CaCO_3$ 52,19
$MgCO_3$ 46,50
$FeCO_3$ 1,31

enthielt, bei einem Rückstand bestehend aus:

$CaCO_3$ 54,15
$MgCO_3$ 43,44
$FeCO_3$ . . . . . 2,41.

Ein feinkörniger, schneeweißer Dolomit des Tribulaun von der Zusammensetzung:

$CaCO_3$ 54,57
$MgCO_3$ 45,33

gab folgende Ergebnisse:

Mit 25 % Essigsäure gingen in Lösung 28,76 % von der Zusammensetzung:

$CaCO_3$ 52,74
$MgCO_3$ 47,26

bei einem Rückstand von der Zusammensetzung:

$CaCO_3$ 55,38
$MgCO_3$ . . . . . 44,62.

Derselbe, mit 15 % Essigsäure behandelt, gab an die Säure 31,05 % ab von der Zusammensetzung:

$CaCO_3$ 53,75
$MgCO_3$ 46,25

bei einem Rückstand von

$CaCO_3$ 55,01
$MgCO_3$ . . . . . 44,99.

Ein Dolomit von dem Monte Somma, bestehend aus:

$CaCO_3$ 58,86
$MgCO_3$ 41,18

verlor in 50 % Essigsäure 19,60 %, die bestanden aus:

$CaCO_3$ 68,0
$MgCO_3$ 32,0

bei einem Rückstand bestehend aus:

$CaCO_3$ 56,56
$MgCO_3$ . . . . . 43,44.

Digitized by Google

10 % Essigsäure löste von ihm in 48 Stunden 26,31 %, bestehend aus:

$CaCO_3$	69,21 %
$MgCO_3$	30,70

bei einem Rückstand von

$CaCO_3$	40,67
$MgCO_3$	33,08.

5 % Essigsäure löste 23,55 % bestehend aus:

$CaCO_3$	68,92
$MgCO_3$	31,07

Der Rückstand bestand aus:

$CaCO_3$	55,86
$MgCO_3$	44,13.

Ein Süßwasserdolomit von Steinheim von der Zusammensetzung:

$CaCO_3$	62,98
$MgCO_3$	36,61

verlor 39,69 % in 50 % Essigsäure, bestehend aus:

$CaCO_3$	67,32
$MgCO_3$	32,68

bei einem Rückstand von

$CaCO_3$	60,53
$MgCO_3$	39,47.

12 % Essigsäure löste 73,27 %, bestehend aus:

$CaCO_3$	64,29
$MgCO_3$	35,71

bei einem Rückstand von

$CaCO_3$	60,29
$MgCO_3$	39,71.

5 % Essigsäure löste 58,91 %, bestehend aus:

$CaCO_3$	65,41
$MgCO_3$	34,59

bei einem Rückstand bestehend aus:

$CaCO_3$	60,12
$MgCO_3$	39,99.

Haushofer sagt nun, daß die mit längerer Zeit und bei erhöhter Temperatur vermehrte Löslichkeit des Dolomits vorauszusehen war, daß aber die gefundenen Unterschiede im gelösten Teil und Rückstand, wenn sie auch nicht so sehr

Digitized by Google

stark sind, doch über die Grenzen der analytischen Fehler hinausgingen. Auffallend ist, daß in den Versuchsreihen, die mit dem Normaldolomit sehr nahestehenden Gesteinen und Kristallen angestellt wurden, im gelösten Teil stets ein höherer Magnesiagehalt sich befand, als dem ursprünglichen Versuchsobjekte zukam, und schließt daraus, daß im Normaldolomit sich die Magnesia leichter löst als der Kalk. Noch auffallender aber sei, daß in den kalkreicheren Gesteinen das umgekehrte Verhältnis eintrete und sich bei diesen mehr Kalk löse, als dem ursprünglichen Gestein eigen sei.

In neuerer Zeit hat Alb. Vesterberg[1] über die Löslichkeitsverhältnisse des Dolomits in verschiedenen Säuren und bei verschiedener Stärke sehr umfassende Versuche angestellt, und ich möchte hier, da dies wohl die eingehendste Arbeit über diesen Gegenstand in letzter Zeit ist, etwas genauer auf sie eingehen.

Vorausgeschickt soll werden, daß bei den von dem oben genannten Verfasser ausgeführten Analysen der Kalk nach der Methode, wie sie bei De Konink und Meineke, Lehrbuch der Mineralanalyse, angegeben ist, meistens zweimal gefällt und daß häufig die Kohlensäure zur Kontrolle noch außerdem bestimmt wurde, ebenso sind bei der Bestimmung der Magnesia die neuesten Erfahrungen angewandt worden.

Ein dichter Magnesit aus Schlesien von der Zusammensetzung:

CaO	0,42
MgO	46,81
Hydratwasser	1,26
SiO_2	0,36
CO_2	51,15

gab in 2 % Essigsäure ab:

MgO	1,90
CO_2	1,89

im Rückstand blieb:

CaO	0,42
MgO	44,91
SiO_2	0,36
CO_2	49,26.

[1] Bull. of the Geol. Inst. of Upsala. Upsala 1902.

Digitized by Google

In 1 % Essigsäure dagegen:

MgO	1,31
CO_2	1,43

und es blieb hier als Rückstand:

CaO	0,42
MgO	45,50
Hydratwasser	1,26
SiO_2	0,36
CO_2	49,72.

Ein anderer Magnesit lieferte folgende Ergebnisse. Er bestand aus:

CaO	0,78
MgO	45,68
Hydratwasser	1,93
SiO_2	4,93
CO_2	46,68

in Lösung ging:

CaO	0,13
MgO	1,93
SiO_2	0,16
CO_2	2,24

und als Rückstand blieb:

CaO	0,65
MgO	43,75
Wasser	1,93
SiO_2	4,77
CO_2	44,44.

Die Lösungsversuche waren bei wenig über 0° dargestellt und dauerten 1—2 Stunden. Es löst sich demnach selbst der Magnesit in geringen Mengen in Essigsäure auf.

Des weiteren wurden an einem Dolomit von Pfitsch (I), dann an einem von Årby (II) und drittens an einem von Taberg (III) Untersuchungen angestellt, die ich, umgerechnet auf $CaCO_3$ und $MgCO_3$, in folgender Tabelle wiedergebe:

Dolomit von Pfitsch:

	Ursprünglich	mit 1 % Essigsäure behandelt	
		Lösung	Rückstand
$CaCO_3$	54,7	55,1	55,6
$MgCO_3$	45,7	44,9	43,3

Digitized by Google

Dolomit von Årby:

	Ursprünglich	mit 1% Essigsäure behandelt	
		Lösung	Rückstand
$CaCO_3$	54,59	57,4	54,38
$MgCO_3$	45,18	42,6	45,62

Dolomitspat von Taberg:

	Ursprünglich	mit 1% Essigsäure behandelt		mit 2% Essigsäure behandelt	
		Lösung	Rückstand	Lösung	Rückstand
$CaCO_3$	55,7	66,1	54,4	67,0	54,4
$MgCO_3$	44,2	33,9	45,5	33,9	45,6

Betrachtet man diese Analysen, so zeigt sich, daß diese Dolomite alle dem Normaldolomit sehr nahe kommen, daß sie sich aber in ihrem Verhalten verdünnter Essigsäure gegenüber doch ziemlich abweichend voneinander verhalten und zwar in einem Maße, das allein durch den Gehalt an Kieselsäure, der bei keinem von den angeführten Mineralien 1% erreicht, nicht erklärt werden kann. Die umgerechneten Analysen sind auf das reine Kalk-Magnesiasalz bezogen bei Abrechnung von Kieselsäure. Der Gehalt an dieser Beimengung beträgt für den Pfitscher 0,04, den von Årby 0,76 und jenen vom Taberg 0,54 %[1], ist also in den beiden letztgenannten Vorkommen so ziemlich gleich.

Die Lösung von Pfitscher Dolomit und der Rückstand sind der ursprünglichen Zusammensetzung so ähnlich, daß aus ihnen geschlossen werden kann: Der Normaldolomit löst sich proportional seinen Bestandteilen in verdünnter Essigsäure. Anders dagegen verhält sich schon der Dolomit von Årby, hier geht schon so viel Kalk in Lösung, daß sich das Verhältnis wie 57,4 : 42,6 stellt, es hat sich also ungefähr 2% Kalk zuviel und 2 % Magnesia zuwenig gelöst. Von ihm wird angegeben, daß es ein kristallines, einigermaßen grob-

[1] Vesterberg, l. c. p. 111.

Digitized by Google

körniges Gestein ist; bei dem vermutlich etwas freies Kalkcarbonat beigemengt sich findet. Am auffallendsten aber ist der Befund am Taberg; dieser, ein mit deutlicher Spaltbarkeit ausgestatteter weißlicher Dolomitspat gibt in 1 und 2 % Essigsäure so viel Kalk und verhältnismäßig so wenig Magnesia ab, daß die Lösung nicht mehr als Normaldolomit betrachtet werden kann, denn es besteht diese aus 66,1 und 67 % $CaCO_3$ bei 33,9 und 33 % Magnesiacarbonat. Wäre dieser Dolomitspat ein Gestein, d. h. hätte er keine deutliche Spaltbarkeit, so wäre die einfachste Erklärung wie bei jenem von Årby, eine Beimengung von reinem Kalkcarbonat. Da dies bei der angegebenen kristallinen Beschaffenheit nicht gut denkbar erscheint, so treten eben bei den Löslichkeitsverhältnissen Umstände auf, die noch der weiteren Aufklärung bedürfen. Was die in der eben erwähnten Arbeit weiter angeführten Eigenschaften von Dolomitmergeln betrifft, will ich hier, sowie die Arbeit von Wülfing[1], nicht weiter berühren, da durch die starke Beimengung von Kieselsäure und Tonerde die Löslichkeitsverhältnisse zu kompliziert werden können, zumal da die Möglichkeit von Beimengungen dem Mikroskop nicht entwirrbarer Magnesiasilikate nicht ausgeschlossen erscheint.

Bei den bis jetzt erwähnten Untersuchungen über die Löslichkeit des Dolomits in verdünnten Säuren war stets dasselbe Gesteinspulver nur zu einem einmaligen Lösungsversuch benützt worden, es wäre daher denkbar, daß die jeweilige Säure aus einem Dolomit eine bestimmte Menge löst, und daß bei einem zweiten Versuch sich dasselbe Pulver anders gegen das Lösungsmittel verhält.

Ich habe daher diesbezügliche Untersuchungen an einem Dolomitgestein aus der Umgegend von Mittenwald angestellt. In einem Porzellansieb, das die Gestalt eines Trichters hatte, wurde das ziemlich feingepulverte Gestein auf ein Filter gebracht und während 24 Stunden bei 15° C. der Einwirkung von 1 % Essigsäure ausgesetzt; die Größe des Lösungsgefäßes und die Menge der Säure war so gewählt worden, daß der Trichter, ohne den Boden zu berühren, noch vollständig von

[1] Wülfing, Jahresh. d. Ver. f. vaterl. Naturk. in Württemberg. 1900.

Digitized by Google

der Flüssigkeit überdeckt war. Um sicher zu sein, daß kein Gesteinspulver mechanisch aus dem Trichter herausgespült war, wurde die ganze Lösungsflüssigkeit nach Ablauf der angegebenen Zeit wieder durch den Trichter filtriert und so lange ausgewaschen, bis der Trichter nach Trocknen bei 100° C. und Abkühlen im Exsikkator Gewichtskonstanz zeigte.

Diese Lösungsversuche waren dreimal an derselben Gesteinspulverprobe in demselben Trichter bei Innehaltung derselben Bedingungen wiederholt und die einzelnen Lösungen, das ursprüngliche Gestein, sowie das überbleibende Pulver im Trichter selbst analysiert worden. Bei der Analyse selbst waren die von De Koninк und Meineke angegebenen Analysenmethoden der doppelten Ausfällung des Kalkes innegehalten worden.

Die Ergebnisse dieser Versuchsreihe sind folgende:

Das ursprüngliche Gestein hatte eine Zusammensetzung:

$CaCO_3$	71,7
$MgCO_3$	25,4
Unlöslich + Fe_2O_3	1,5

Bitumengehalt unbestimmt.

Beim ersten Lösungsversuch hatte die Lösung folgende Zusammensetzung:

$CaCO_3$	73,7
$MgCO_3$	26,2.

Der zweite Lösungsversuch ergab:

$CaCO_3$	73,8
$MgCO_3$	25,3.

Beim dritten wurde gefunden:

$CaCO_3$	72,0
$MgCO_3$	26,9.

Da das Gestein nicht zu feinstem Pulver verrieben worden war, so können die Unterschiede in den Analysen auf nicht ganz gleichmäßige Zusammensetzung des Gesteins selbst, sowie auf den Bitumengehalt zurückgeführt werden. Vergleicht man weiter die Zusammensetzung des Rückstandes im Trichter, dessen Analyse

$CaCO_3$	73,0
$MgCO_3$	24,9
Unlöslich + Fe_2O_3 + Al_2O_3	2,0

Digitized by Google

ergab, so zeigt sich, daß dieser Rückstand mit den Lösungsergebnissen sehr nahe übereinstimmt. Es ergibt sich also aus dieser Versuchsreihe, daß in verdünnter Essigsäure der Dolomit äquivalent seiner Zusammensetzung gelöst wird.

Stellen wir zum Schluß kurz die gemeinsamen Resultate der Lösungsversuche zusammen, so findet man, daß Dolomit und Magnesit in verdünnten Säuren, wenn auch schwach, löslich sind. Verdünnte Säuren, besonders Essigsäure, lösen den Dolomit in äquivalenten Mengen seiner ursprünglichen Zusammensetzung, stärkere Säuren wirken dagegen sehr verschieden auf den Dolomit als Schichtgestein, und selbst auf Dolomitkristalle ein.

Die Einwirkung der Kohlensäure dagegen wird von den Forschern verschieden angegeben, sie scheint noch der Aufklärung zu bedürfen.

Künstliche Bildung von Dolomit.

Der erste, dem es gelang, Dolomit künstlich nachzubilden, war Morlot[1]. Er schloß kohlensauren Kalk mit einer schwefelsauren Magnesialösung im Glasrohr ein und erhitzte diese auf 200°. Er erhielt ein dem Dolomit ähnliches, in verdünnten Säuren schwer lösliches Gemenge von dem Normaldolomit annähernd gleicher Zusammensetzung. Zu ähnlichen Resultaten kamen Marignac und Faber, als sie kohlensauren Kalk mit Chlormagnesiumlösungen bei höheren Temperaturen in Wechselwirkung treten ließen[2]. Sterry Hunt stellte Dolomit ebenfalls dar, indem er entsprechend gleiche Mengen von Chlormagnesium und Chlorcalcium mit kohlensaurem Natron ausfällte und den Niederschlag auf 120—130° erhitzte[3]. Gorup-Besanez ließ eine an kohlensaurem Kalk und kohlensaurer Magnesia gesättigte Kohlensäurelösung langsam eindampfen, doch erhielt er dabei keine Spur von Dolomit.

Zu ähnlichen Ergebnissen gelangte Hoppe-Seyler, der ebenfalls wässerige Calcium-Magnesiumcarbonatlösungen in äquivalenten Verhältnissen verdampfen ließ[4]. Ebenso erhielt

[1] Morlot, Haidinger's Naturw. Abh. 1. p. 305. 1847.
[2] Biblioth. univ. de Genève. 1849.
[3] Chem. and geol. essays. Boston and London 1875. p. 80.
[4] Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. 27. 1875. 500.

Digitized by Google

er nach mehrmonatlichem Einwirken von Chlormagnesiumlösung auf kohlensauren Kalk keine Spur von Dolomit. Dasselbe negative Resultat trat ein, als er eine verdünnte schwefelsaure Magnesialösung mit Calciumbicarbonat sättigte und diese längere Zeit mit einem trockenen Luftstrom behandelte. Wurde die Magnesiumlösung konzentrierter angewandt, so erhielt er, selbst nach Zusatz von Kochsalz, einen in viel Wasser wieder löslichen Niederschlag.

Ebenso ergebnislos waren seine Versuche, als er Meerwasser auf Calciumcarbonat einwirken ließ. Selbst das Gefrierenlassen einer mit Calciumbicarbonat gesättigten schwefelsauren Magnesialösung führte zu keinen anderen Resultaten. Ein weiterer Versuch, bei dem Meerwasser mit überschüssigem Kalkcarbonat versetzt und mit Kohlensäure gesättigt worden war, lieferte nach mehrmonatlichem Stehenlassen und öfterem Umschütteln keinen Dolomit.

Hoppe-Seyler schließt daraus, daß demnach bei gewöhnlicher Temperatur Dolomit überhaupt sich nicht bilden könne. Dagegen gelang es ihm, ebenso wie den oben erwähnten Forschern, Dolomit durch Erhitzen im zugeschmolzenen Rohre über 100° zu erhalten.

In dies. Jahrb. Beil.-Bd. IX hat Verfasser dieser Zeilen dann eine durch das Experiment gestützte Bildungsweise von Dolomit beschrieben, die bei gewöhnlicher Temperatur und bei gewöhnlichem Atmosphärendruck vor sich geht.

Die Versuchsanordnungen, die zu den gewünschten Ergebnissen führten, waren folgende: Es wurde zuerst durch Einleiten von Schwefelwasserstoff in feinverteilten kohlensauren Kalk enthaltendes Wasser ein Kalksalz und durch denselben Vorgang mit Magnesia alba ein Magnesiumsalz, das vielleicht als Kalk- und Magnesiumsulfuret zu bezeichnen wäre, erhalten und dieses Gemisch bei gewöhnlicher Temperatur der Einwirkung von Kohlensäure ausgesetzt. Die Kohlensäure wurde, um sicher zu sein, daß keine anderen chemischen Einwirkungen durch Verunreinigungen dieser Säure selbst stattfinden konnte, einem Stahlzylinder entnommen. Die Einwirkung dauerte in dem einen Falle mehrere Wochen. Das Ergebnis war, wie schon oben erwähnt, ein in verdünnten Säuren nur in der Wärme schwerlöslicher feiner Niederschlag, der kräftig auf

Digitized by Google

das polarisierte Licht einwirkte und die Zusammensetzung des Normaldolomits hatte. Wegen der Feinheit des erhaltenen Doppelsalzes konnte eine Bestimmung des spezifischen Gewichts nicht ausgeführt werden.

Im Jahre 1895 hat C. Klement[1] in Tschermak's Mitteilungen ebenfalls eine Arbeit über diesen Gegenstand veröffentlicht. Da sich Aragonit in physikalischer und chemischer Hinsicht anders verhält wie Kalkspat, so ging Klement bei seinen Versuchsreihen von diesem Mineral aus. Vorversuche hatten ihm gezeigt, daß Aragonit beim Erhitzen mit Magnesiumsulfat in konzentrierter Kochsalzlösung einen in Säuren schwerlöslichen Rückstand gibt. In einer längeren Versuchsreihe studierte er dann die Wechselwirkung dieser beiden Salze und erhielt bei Temperaturen, die über 60° C. lagen, einen Rückstand, der nach dem Auswaschen und dem Trocknen einen mit steigender Temperatur und längerer Zeit wachsenden Magnesiagehalt ergab. So ergab eine Versuchstemperatur von 62° C. und 4tägige Dauer der Wechselwirkung der Salze aufeinander 1,3 % $MgCO_3$, dagegen eine solche von 90° C. und nur 48 Stunden 41,5 %. Aber nicht nur Zeit und Temperatur zeigten sich von Einfluß, sondern auch die Konzentration der Lösungen war von größter Bedeutung, und zwar wirkte eine Verdünnung der Lösungen so, daß der Gehalt an Magnesiumcarbonat stark herabgedrückt wurde. War Kochsalz weggelassen worden, so kam die Reaktion nur dann zustande, wenn die anderen Lösungen sehr konzentriert waren. Weitere Versuche, die mit isländischem Doppelspat und mit Korallen angestellt wurden, ergaben ebenfalls die Umsetzung mit schwefelsaurer Magnesia, nur daß der Doppelspat eine weit geringere Einwirkung erkennen ließ.

Vor einiger Zeit habe ich dann eine weitere Bildungsweise von Dolomit beschrieben[2]. Es war mir durch Einwirkung von Magnesiumsulfat und Magnesiumchlorid bei Gegenwart von Kochsalz auf Anhydrit in wässeriger Lösung und stetes Durchleiten von Kohlensäure gelungen, ein z. T. auf dem Anhydrit als Überzug festsitzendes, nur in stärkerer Salz-

[1] Tschermak, Min.-petrogr. Mitt. 1895. **14**. p. 526.
[2] Centralbl. f. Min. etc. 1903. p. 9. 659.

Digitized by Google

säure lösliches Umsetzungsprodukt zu erhalten, das die Zusammensetzung hatte:

$MgCO_3$	38,7
$CaCO_3$	61,7

und ein anderes Mal:

$MgCO_3$	12,3
$CaCO_3$	88,0.

Wenn auch diese Zahlen immerhin erheblich von der Zusammensetzung des Normaldolomits abweichen, so dürfte doch namentlich die erste Analyse als vielen in der Natur vorkommenden Dolomitgesteinen entsprechendes Produkt bezeichnet werden (vergl. p. 540, 541, Zusammenstellung von Dolomitanalysen). Seit Veröffentlichung dieser kurzen Notiz sind, soweit wenigstens meine Literaturkenntnis geht, keine weiteren Versuche über die künstliche Bildung dieser Gesteine beschrieben worden.

Obwohl nach dem bis jetzt Beschriebenen hinreichende Versuchsreihen vorhanden zu sein scheinen, um die Dolomitbildung, die in der Natur sicher nicht überall auf dieselbe Art und Weise vor sich gegangen ist, erklären zu können, so glaubte ich doch, daß zum Verständnis dieser Gesteinsentstehung noch mancherlei Untersuchungen wünschenswert seien, besonders da die Einwirkung der Magnesiasalzlösungen unter stärkerem als Atmosphärendruck, soviel mir wenigstens bekannt, auf kohlensauren Kalk bei gewöhnlicher Temperatur noch wenig oder gar nicht untersucht zu sein scheint.

Da es mir darauf ankam, die Wechselwirkung der Kalk- und Magnesiasalze, sowie die Einwirkung anderer Salze auf die Erdalkalisalze bei Drucken bis zu 500 Atmosphären zu studieren, so sah ich mich genötigt, weil die Verwendung von Glas hierbei vollständig ausgeschlossen schien, von Metall einen eigens dafür konstruierten Apparat anzuschaffen. Als Metall wurde Flußstahl verwendet, der seiner guten Bearbeitbarkeit und großen Zähe wegen zu diesem Zweck am geeignetsten schien. Um bei dem hohen Druck noch die nötigen Wandstärken der verschiedenen Teile zu bekommen und um den ganzen Apparat nicht zu groß zu erhalten, mußte leider der zur Aufnahme des Glasgefäßes, in dem die Reaktionen vor sich gehen sollten, bestimmte Raum etwas klein genommen

Digitized by Google

werden, es beträgt bei meinem Apparat die lichte Weite der Bohrung 20 mm und hat eine Länge von 9 cm.

Der Apparat besteht der Hauptsache nach aus 4 Teilen, einem Zylinder zur Aufnahme des Glasgefäßes, einem aufschraubbaren Druckkopf mit der Preßschraube, dem Druckkolben und dem Druckhebel mit Nachziehschraube. Der Zylinder hat, wie schon angeführt, einen zur Verwendung stehenden Raum von 20 mm Durchmesser und 90 mm Länge. Mittels Lederplatte oder weichen Kupferringen wird der Druckkopf fest gegen den Druckzylinder abgedichtet, so daß selbst bei Drucken von 500 Atmosphären hier eine vollständige Abdichtung an den zusammengeschraubten Stücken erzielt werden kann. Der Druckkopf ist seiner Länge nach durchbohrt, trägt oben die gut eingepaßte Preßschraube, durch welche der Preßkolben abgedichtet wird. Um einerseits ein vollständiges Abschließen der unter Druck stehenden Flüssigkeiten im Glaszylinder zu erlangen und anderseits das starke Rosten des Flußstahlzylinders, der auch ein Einklemmen, ja sogar Zersprengen des Reagenzglases mit sich bringen kann, zu verhindern, wurde zu den Druckversuchen Paraffinöl verwendet. Dieser Kohlenwasserstoff, der gegen chemische Einwirkungen ungemein widerstandsfähig ist und sich bei diesen Untersuchungen sehr gut bewährt hat, hat nur eine Unannehmlichkeit, nämlich die, selbst durch die allerfeinsten Zwischenräume unter diesen Drucken hindurchzugehen. Während Wasser selbst bei einem Druck von 500 Atmosphären sich durch Lederscheiben und richtiges Anziehen der Preßscheibe immer noch gut abdichten ließ, so daß selbst nach 24 Stunden der Druck kaum nachließ, konnte dies bei Verwendung des Paraffinöles nicht mehr in der Weise erzielt werden. Nach verschiedenen Versuchen erwiesen sich für diesen Zweck dünne Bleiringe, die möglichst sorgfältig in die eigentlichen Preßteile eingepaßt waren, und die ein möglichst sauber eingedrehtes Loch zur Aufnahme des Preßkolbens besaßen, in einer Anzahl von 10—12 Stück am besten. Mit Hilfe dieser Bleiringe konnte selbst während einer Zeit von 3—4 Tagen ein Druck bis zu 200 Atmosphären durch Anwendung der Nachziehschraube gehalten werden. Der Preßkopf trägt noch angeschraubt ein seitliches Rohr, an das

Digitized by Google

das Manometer mittels Überwurfschraube angelegt wird. Der Preßkolben selbst ist aus hartem Stahl und hat Glanzpolitur, eine Eigenschaft, die absolut nötig ist, soll er bei diesen Drucken dicht halten.

Auf dem Preßkolben ist beweglich der Preßhebel angeschraubt, an den die zur Erzeugung des Drucks nötigen Gewichte angehängt werden. An seinem anderen Ende ist mittels eines starken Hakens die Anziehschraube angebracht, die ihrerseits auf dem Fußbrett befestigt ist. Diese Anziehschraube besteht aus einer sogen. „Schlauder" der Kombination eines rechts- und linksgängigen Gewindes; mittels dieses Verbindungsstückes kann der während eines Preßversuchs durch Ölaustritt herabgesunkene Hebel leicht wieder gehoben und so der gewünschte Druck erhalten werden.

Da es in vielen Fällen wünschenswert ist, daß Lösungen erst aufeinander wirken, wenn sie einem gewissen Druck ausgesetzt sind, was durch äußerliche Manipulation an dem festverschraubten Apparat nicht gut möglich ist, verfuhr ich auf folgende einfache Weise. In den aus schwer schmelzbarem Glas bestehenden Reagierzylinder wurde unten die eine Salzlösung gebracht und etwas Quecksilber zugegeben; in den oberen Teil des Zylinders wurde ein anderes Reagenzglas gestellt, das nach unten ausgezogen und dessen enge Öffnung unten schief abgeschliffen war. Neben diesem ausgezogenen Reagenzrohr, das die andere Salzlösung enthielt, wurde noch ein oben zugeschmolzenes Glasröhrchen gestellt, das voll Luft war. Bei dem nun entstehenden Druck im Stahlzylinder wird das Quecksilber in das Glasröhrchen gedrückt und das Ausflußrohr des zweiten Reagenzröhrchens geöffnet. Durch entsprechendes Abmessen der Quecksilbermenge konnte die Wechselwirkung der Lösungen bei jedem gewünschten Druck vor sich gehen.

Im Laufe der Untersuchungen hatte sich jedoch herausgestellt, daß die Anwesenheit von Quecksilber nicht ohne Einfluß auf die Wechselwirkung der Salzlösungen war und daß sogar dieses Metall unter Druck von Salzen angegriffen wurde, von denen es eigentlich nicht hätte verändert werden sollen. Ich verwandte daher ein anderes selbsttätiges Druckventil. Das in den größeren Glaszylinder eingesetzte Reagenz-

Digitized by Google

röhrchen wurde oben etwas erweitert, so daß es nicht in diesen Zylinder hineinrutschen konnte und erhielt unten nun eine runde kurzzylindrische Öffnung. In diese Öffnung wurde ein kleiner Gummistöpsel gegeben und über diesen ein Glasröhrchen etwas weiter als der Gummistöpsel gestürzt. Dieses Glasröhrchen wurde ebenfalls mit einem gut abschließenden Gummistöpsel versehen und diese beiden Gummistöpsel dann mit einem Faden verbunden. Wird nun wieder der Druck im Stahlzylinder, d. h. im ganzen Apparat erzeugt, so zieht der Stöpsel im Glasröhrchen mittels des Fadens beim Hochgehen den Stöpsel aus der Öffnung des Reagiergläschens heraus und die beiden Salzlösungen haben freien Zutritt. Durch die Länge des Fadens konnte der Eintritt der Wechselwirkung der Salzlösungen auf jeden beliebigen Druck gebracht werden, indem nach dem Boyle-Mariotte'schen Gesetz die Länge des Fadens proportional der gewünschten Druckhöhe sein muß.

Mit Hilfe dieser Apparate habe ich eine Reihe von Versuchen angestellt, von denen viele zur speziellen Beantwortung über die dolomitische Entstehung vergeblich, einige aber doch mit Erfolg angestellt worden sind. Der Vollständigkeit halber, und da sie immerhin einigen Aufschluß über diese Frage, wenn auch im negativen Sinn, geben können, sollen auch einige ergebnislose mit erwähnt werden.

In der ersten Versuchsreihe wurde untersucht, ob unter hohem Druck aus dem Magnesiumchlorid durch kohlensaures Natrium oder Kalium, oder durch kohlensaures Ammon das reine wasserfreie Magnesiumcarbonat, entsprechend der Formel:

$$Mg\,Cl_2 + Na_2\,C\,O_3 = Mg\,C\,O_3 + 2\,Na\,Cl$$

ausfällbar wäre. Die Ausfällung wurde bei gewöhnlicher Temperatur sowohl wie bei ungefähr 80° C. in verdünnter und in konzentrierter Lösung mehrmals, jedoch ohne Erfolg vorgenommen, es hatte sich stets ein in verdünnter Essigsäure leicht lösliches Salz, das stets wasserhaltig war, gebildet.

Dann wurde versucht, ob bei Gegenwart von Kochsalz oder Calciumchlorid in konzentrierter Lösung das normale Magnesiumcarbonat zu erhalten wäre, jedoch ebenfalls vergeblich. Bei Gegenwart von Natriumchlorid hatte sich stets das Calciumcarbonat in sehr wohl ausgebildeten Rhomboedern

Digitized by Google

ausgeschieden, die jedoch, wie eine quantitative Analyse ergab, nur Spuren von Magnesiumcarbonat, das wohl nur mechanisch mit eingeschlossen war, enthielten. Versuche mit Magnesiumsulfat unter denselben Bedingungen hatten keinen besseren Erfolg. Da die Magnesiumsalze bekanntlich durch kohlensaures Ammoniak nur in ganz konzentrierten Lösungen oder bei Gegenwart von anderen Salzen und auch hierin nicht quantitativ ausfällbar sind, so wurde untersucht, ob bei dem höchsten mir zur Verfügung stehenden Druck, ungefähr 500 Atmosphären, der einer Meerestiefe von annähernd 4500 m entspricht, Magnesiumsalz zur Ausfällung gelangt.

Nachdem der Druck ungefähr 48 Stunden auf dieser Höhe erhalten war, hatte sich ein ziemlicher Niederschlag gebildet, der jedoch ebenso wie die früheren sich schon in 1 % Essigsäure löste, also wohl auch dem basischen kohlensauren Magnesiumsalze angehörte.

Es scheint mir demnach das Ausbleiben der gewünschten Reaktion zu beweisen, daß auch unter Druck Magnesit und Dolomit nicht auf direktem Wege ausfällbar seien.

Ich versuchte daher die Umsetzung der Magnesiumsalze sowohl des Chlorides als auch des Sulfates mit Calciumsulfat, als Anhydrit und Gips mit Calciumcarbonat zu Dolomit zu erhalten. Anhydrit, fein gepulvert und in ziemlich konzentrierter Lösung mit Magnesiumchlorid bei Gegenwart von Kochsalz der Einwirkung von kohlensaurem Natron unter Druck längere Zeit ausgesetzt, ergab einen selbst in 5 % Essigsäure schwer löslichen Rückstand. U. d. M. zeigten sich neben dem unveränderten Anhydrit deutliche, aber kleine Rhomboeder, die, mit verdünnter Salzsäure behandelt, bei gewöhnlicher Temperatur nicht, beim Erwärmen aber langsam anfingen, Kohlensäure zu entwickeln. Eine quantitative Analyse konnte der geringen Menge halber nicht ausgeführt werden, doch war in der Lösung leicht Magnesia nachzuweisen. Die Schwerlöslichkeit, die deutlich u. d. M. erkennbare Rhomboederform, sowie die Polarisationsfarbe, die eine Verwechslung mit Anhydrit ausschließt, lassen keinen Zweifel darüber aufkommen, daß das erhaltene Umsetzungsprodukt eine dem Dolomit entsprechende Bildung war.

Digitized by Google

Erwähnt muß jedoch noch werden, daß es mir nicht gelingen wollte, eine vollkommene Umsetzung des Anhydrits herbeizuführen. Es blieb stets eine kleinere oder größere Menge dieses Minerals übrig, ja, es kam sogar vor, daß die Reaktion, obwohl fast stets unter denselben Bedingungen gearbeitet worden war, vollkommen ausblieb. Ihre Erklärung findet diese Erscheinung vielleicht in dem weiteren Versuche, der mit Gips angestellt worden war. Es wollte mir nämlich nie gelingen, aus Gips, Magnesiumchlorid und Natriumcarbonat selbst bei den höchsten für mich erreichbaren Drucken und unter den verschiedensten Konzentrationen nur eine Spur von einem schwer löslichen, magnesiumhaltigen Salze zu erhalten. Stets war der Gipskristall mit einem weißen, pulverigen Niederschlag überzogen, der sich aber schon bei gewöhnlicher Temperatur in 1 % Essigsäure sehr leicht löste.

Es scheint mir dieses Verhalten des Gipses jene oben erwähnte Erscheinung am Anhydrit, daß manchmal die Umwandlung in Dolomit ausblieb, zu erklären, indem entweder durch irgend eine unbewußte Verunreinigung der Lösung oder durch besondere Temperaturschwankungen und vielleicht auch einen ungünstigen Druck die Umwandlung des wasserfreien Calciumsalzes in das wasserführende vor sich gegangen war, bevor es zur Carbonatbildung gekommen ist.

Wurde in dieser Salzkombination für Natriumcarbonat Ammoniumcarbonat verwendet, so konnte ebenso bei Gegenwart von genügend Kochsalz eine schwerlösliche Verbindung von Calcium-Magnesiumcarbonat erzielt werden.

Es erscheint hier nötig, auf ein Verhalten von Gipslösungen gegen Dolomit etwas näher einzugehen. Es ist eine bekannte Tatsache, daß Dolomit sich mit Gipslösung zu schwefelsaurer Magnesia und kohlensaurem Kalk schon bei gewöhnlicher Temperatur umsetzt. Man kann sich von dieser Umsetzung sehr leicht überzeugen, wenn man feingepulverten Gips und Dolomit miteinander mischt, diese Salze in einen Trichter, dessen Rohr mit Baumwolle verstopft ist, bringt und Wasser aufgießt. Im abtropfenden reinen Filtrat wird man die Magnesia in bedeutenden Mengen stets nachweisen können. Gibt man nun aber zur Mischung dieser Salze noch

Digitized by Google

eine genügende Menge von Kochsalz zu, so daß eine von diesem Salz vollständig konzentrierte Lösung entstehen kann, so wird man im Filtrat nur noch Spuren von Magnesia finden. Es erklärt sich dadurch leicht das in der Natur so häufige Vorkommen von kleinen Dolomitlagen im Gips in der Nähe der Salzlager.

Um das Entstehen von Dolomit aus Kalkcarbonat zu studieren, wurde im Anschluß an die genannte Versuchsreihe kohlensaurer Kalk mit Anhydrit gemischt und derselben Salzmischung unter Druck ausgesetzt. Das Ergebnis war, daß ein langsam löslicher Niederschlag entstand, der schließlich auch einige Dolomitrhomboederchen enthielt. Mit Gips der Versuch wiederholt, blieb auch hier die gewünschte Reaktion, wie ja erklärlich, aus. Im weiteren Verlauf der Arbeit wurde unter anderem die Umsetzung von schwefelsaurer Magnesia mit kohlensaurem Kalk bei Gegenwart von Kochsalz versucht, entsprechend der Formel:

$$CaCO_3 + MgSO_4 + 7H_2O = MgCO_3 + CaSO_4 + 7H_2O.$$

Hierbei wurde zuerst der Druck auf ungefähr 100 Atmosphären gebracht und möglichst bei der gleichen Höhe 8 Tage lang belassen. Die Temperatur dagegen schwankte zwischen 4° und 14° C., entsprechend der Zimmertemperatur im Winter. Da ein Umrühren des Salzgemenges sowie ein Aufschütteln unter Druck nicht möglich war, so wurde die Versuchsanordnung so gewählt, daß im Reagenzgläschen zu unterst eine mäßig starke Kochsalzlösung eingetragen war, darüber wurde ein leichter Pfropfen von Watte gelegt und auf diesen ein Gemisch von Kalkcarbonat und Kochsalz aufgeschüttet, über dieses wurde wieder ein Wattepfropfen gebracht und zu oberst nochmals eine wässerig-breiige Schichte von Magnesiumsulfat und Kochsalz geschüttet. Diese Anordnung wurde deshalb gewählt, damit das Kalkcarbonat ständig unter einer konzentrierten Lösung der anderen Salze sich befinde, um eine möglichst intensive Einwirkung zu erzielen. Nach Ablauf der angegebenen Zeit wurde der ganze Inhalt des Gläschens von der Watte befreit und im Scheidetrichter gut mit Wasser ausgeschüttelt und schließlich mit 2 % Essigsäure 24 Stunden lang unter öfterem Schütteln der Lösung überlassen. Von dem nach dieser Zeit zurückgebliebenen erheblichen Rückstand

Digitized by Google

wurde eine quantitave Analyse angefertigt; diese ergab in 100 Teilen:

$CaCO_3$ 73,7
$MgCO_3$ . . . . . 26,2.

Ein zweiter Versuch, unter denselben Bedingungen ausgeführt, ergab einen Lösungsrückstand, der enthielt:

$CaCO_3$ 80,1
$MgCO_3$ . . . . . 20,7.

Bei diesem Versuch war die obere Aufschüttung von Magnesiumsulfat und Kochsalz weggeblieben, es konnte dabei, wie es scheint, das Magnesiumsalz nicht so gut auf das Kalkcarbonat einwirken, indem die gesättigte Magnesiumsulfatlösung sich auf den Boden des Glaszylinders setzte und so der höher gelegene Kalk in vielleicht zu schwacher Salzlösung stand. Um bei einem weiteren Versuch sicher zu sein, daß das Kalkcarbonat wirklich stets in starker Magnesiumsalzlösung sei, wurde ein gehärtetes Filter auf eine Platindrahtspirale gelegt, so daß es das Glasrohr ganz ausfüllte und sich ungefähr in $\frac{1}{3}$ Höhe desselben befand. Dann wurde das Filterchen mit dem feinsten durch Schlämmen erhaltenen Kalkspatpulver von isländischem Doppelspat angefüllt und über dieses ein Gemenge von Magnesiumsulfat und Kochsalz gebracht. Einem Druck bei Zimmertemperatur von 60—80 Atmosphären 10 Tage lang ausgesetzt, ergab diese Probe nach 24stündiger Einwirkung von 2 % Essigsäure einen Rückstand, der

$CaCO_3$ 53,7
$MgCO_3$ 46,0

enthielt, eine Zusammensetzung, die dem des Normaldolomits so nahe kommt, daß sie als identisch mit diesem angesehen werden kann. Weitere Druckversuche, die auf dieselbe Weise vorgenommen wurden, gaben analoge Zusammensetzung, nur zeigte sich, daß, je größer das Korn des gepulverten Kalkspates genommen wurde, desto geringer der Gehalt an Magnesiumcarbonat war. So ergab eine Kalkprobe, die durch ein Sieb, das ungefähr vier Öffnungen auf 1 qmm hatte, gefallen war,

$CaCO_3$ 72,1
$MgCO_3$ . . . . . 27,7.

Digitized by Google

Eine andere dagegen, die durch das feinste Sieb, das ich erhalten konnte, und das ungefähr 36 Löcher auf den Quadratmillimeter aufweist, noch durchfiel, ergab:

$CaCO_3$ 64,5
$MgCO_3$ . . . . . 37,6.

Diese Erscheinung, daß der Magnesiumcarbonatgehalt mit abnehmender Korngröße zunimmt, ist eine auffallende, aber leicht zu erklärende Eigentümlichkeit. In der verhältnismäßig kurzen Zeit der Einwirkung des Magnesiumsulfates auf das Kalkcarbonat geht die Umsetzung natürlich von der Oberfläche eines jeden Kornes aus und dringt erst langsam nach den mittleren Partien der Körner ein. Es wird daher stets, wenn nicht lange genug der Druck dauert, jedes Korn einen Kern von Kalkspat noch behalten. Gegen die Einwirkung der verdünnten Säure ist aber jedes Korn durch den Dolomitüberzug wie durch einen Mantel geschützt. Die stärkere Säure löst natürlich das ganze Korn, und so muß stets die aus gröberen Körnern bestehende Druckprobe einen größeren Kalkgehalt aufweisen.

Um dieses Verhalten, d. h. die Einwirkung des Druckes während längerer oder kürzerer Zeit klarzulegen, habe ich einige Versuche angestellt.

Isländischer Doppelspat gepulvert und durch dasselbe Sieb gesondert, wurde einmal 8 Tage lang, das andere Mal nur 1 Tag lang unter den eben angeführten Bedingungen dem Druck von 60—80 Atmosphären ausgesetzt. Die länger dem Druck unterworfene Probe ergab einen Dolomitgehalt von annähernd:

$MgCO_3$ 30
$CaCO_3$ . . . . . 60.

Zu dieser Zusammensetzung hatten sich 40 % der angewandten Kalkmasse umgewandelt.

Die andere Probe dagegen hatte sich nur zu 5 % umgewandelt, und diese hatte eine Zusammensetzung von annähernd:

$MgCO_3$ 7
$CaCO_3$ . . . . . 93.

Da es somit klar ist, daß auf diese Weise wirklich Dolomit entsteht, so erübrigte es noch einen Versuch mit

Digitized by Google

einer Lösung, die dem Meerwasser analog zusammengesetzt ist, anzustellen.

Das erstemal wurde mit Meerwasser. das die natürliche Zusammensetzung hatte, das Kalkcarbonat dem Druck während 5 Tagen ausgesetzt, ich konnte dabei aber nur geringe Mengen eines schweren löslichen Salzes erzielen, wohl aus dem Umstand, weil die Dimensionen meines Druckgefäßes zu klein sind und die schwach dolomitischen Kalkmengen bei der Trennung mit Essigsäure mitgelöst wurden. Ein weiterer Versuch, der mit einer Lösung, die 10mal so viel Salz, als das natürliche Meerwasser enthält, vorgenommen worden war, ergab einen Lösungsrückstand, dessen Menge genügte, um eine quantitative Analyse vorzunehmen. Diese ergab in 100 Teilen:

$CaCO_3$	78,1
$MgCO_3$	21,7.

Da somit die Einwirkung einer Lösung, die einem konzentrierten Meerwasser entsprach, in demselben Sinne wie die früheren Versuche verlief, so war es noch nötig, die Einwirkung der Temperatur bei diesen Vorgängen zu studieren. Zu diesem Zwecke wurde der ganze Druckzylinder in ein Messinggefäß gesetzt, dieses erwärmt und die Temperatur stets zwischen 40—50° C. gehalten. Zur Einwirkung auf das Kalkcarbonat wurde eine 10fach konzentrierte Meerwasserlösung genommen und der Druck 6 Tage lang bei 60 Atmosphären erhalten. Das Ergebnis war, daß sich ein in 2 % Essigsäure nach 24 Stunden unlöslicher Rückstand gebildet hatte, der große Mengen von Magnesiumcarbonat aufwies; eine quantitative Analyse wurde nicht angefertigt. So viel konnte jedoch aus diesem Resultat mit Sicherheit geschlossen werden, daß die Temperaturerhöhung nicht hindernd, sondern höchstens wie eine längere Einwirkung des Druckes sich äußerte.

Schließlich wurde noch untersucht, ob sich Magnesiumchlorid anders verhielte wie Magnesiumsulfat; es zeigte sich, daß auch dieses Salz bei einem Druck von ungefähr 60 Atmosphären einen in verdünnter Essigsäure unlöslichen Rückstand ergab, der bedeutende Mengen von Magnesiumcarbonat enthielt.

Zuletzt schien es nötig, noch zu ermitteln, bei welcher Druckhöhe diese Reaktionen ihren Anfang nahmen und welchen Druck die beste und schnellste Einwirkung stattfinden ließ.

Digitized by Google

Eine genaue Beantwortung dieser Frage ließen leider die mir zur Verfügung stehenden Hilfsmittel nicht zu, da gerade bei diesen letzten Untersuchungen es häufig vorkam, daß der Druck während der Nacht erheblich nachließ, oder auch ruckweise zunahm und dabei weit über die gewünschten Grenzen hinausging. Soviel kann aber mit ziemlicher Sicherheit angegeben werden, daß bei 40 Atmosphären die Reaktionen beginnen, daß sie, wie es scheint, bei 60 viel rascher verlaufen und noch selbst bei 200 und 500 vor sich gehen. Ob aber bei dieser Höhe des Druckes eine raschere Umsetzung erfolgt wie zwischen 60 und 80 Atmosphären, diese Frage zu lösen war mir, da bei solchen Drucken sich schließlich die Dichtungen für Paraffin für längere Dauer nicht stark genug erwiesen, leider nicht möglich, ist auch, wie ich glaube, für diese Frage selbst wenig von Belang.

Theorien über die Bildung des Dolomits.

Es liegt nicht in der Absicht dieser Zeilen, eine vollständige Übersicht über die Theorien der Dolomitbildungen zu geben, da dies zu weit führen würde und viele nur noch historisches Interesse besitzen, zudem diese in der Arbeit von Doelter und Hörnes so wie neuerdings in jener von Klement [1] sehr hübsch und fast vollständig zusammengestellt worden sind. Es seien hier nur jene angeführt, die durch ein Experiment gestützt wurden und somit bei der Erklärung über die Entstehung dieses Gesteins in Frage kommen. Wie eingangs dieser Zeilen schon einige Vorkommen etwas beschrieben wurden, so sei hier ganz kurz die natürliche Lagerung und einige Eigenschaften unseres Gesteins angeführt, die eine einigermaßen befriedigende Entstehungstheorie alle ungezwungen erklären muß. Dolomit kommt vor:

als Schichtgestein in dünneren und dickeren Lagen,
als Linsen im Kalkgestein [2],
als plumpe Felsenmassen mit allmählichen Übergängen zum Kalkstein,
als Kluftausfüllungsmasse zwischen Gips und Steinsalz,
als riffartige Bildung.

[1] Klement, Tschermak, Min.-petrogr. Mitt. 1895. 14. p. 526.
[2] Gümbel, l. c.

Digitized by Google

Häufig arm, stellenweise auch voll von Versteinerungen, die aber dann meist ohne Schalen, d. h. nur als Steinkerne erhalten sind, ja sogar in vielen Fällen nur noch die Abdrücke der einstigen Tierschalen als Hohlformen zeigen.

Der erste, der Dolomit künstlich darstellte, war Morlot, indem er die Ideen Haidinger's praktisch durchführte und kohlensauren Kalk mit schwefelsaurer Magnesia im zugeschmolzenen Rohr über 100° erhitzte, nachdem bereits Collengo und Alberti durch die Vergesellschaftung von Gips und Dolomit die Umwandlung des kohlensauren Kalks durch schwefelsaure Magnesialösungen vermutet hatten[1]. Aus diesem Experimente schloß er dann, daß Dolomit in der Natur nur auf ähnliche Weise entstanden sein könne. Es wäre ja denkbar, daß bei submarinen Eruptionen hier und da auf analoge Art eine Einwirkung der im Meere vorhandenen schwefelsauren Magnesia auf Korallenriffe und in größeren Tiefen des Meeres befindlichen Kalkablagerungen vorkommen könnte, da, wie die Krakatoaausbrüche gezeigt haben, das Meer auf größere Erstreckungen hin fast bis zum Sieden erhitzt worden ist. Jedoch könnten diese Einwirkungen nur oberflächlich sein und würden an einer submarinen Kalkbildung sich nur als lokale oberflächliche Einwirkung äußern.

Bei den tiefsten Schichten des Schlern wäre es möglich, daß hier derartige Verhältnisse eingetreten sein könnten und daß diese Dolomitisierung auf solche Weise vor sich gegangen sei; für weit verbreitete Gebilde dagegen, wie die höherliegenden Schlerndolomite, für den Hauptdolomit der alpinen Trias und den des Jura, sowie für alle geschichteten Dolomitablagerungen ist, da dort jede eruptive Tätigkeit fehlt, eine derartige Bildungsweise ausgeschlossen.

Sterry Hunt und Hoppe-Seyler gingen bei ihren Untersuchungen ungefähr denselben Weg wie Morlot. Hunt trocknete den mit kohlensaurem Natron erhaltenen Calcium-Magnesiumcarbonatniederschlag bei 120—130° und hielt den in verdünnten Säuren schwer löslichen Rückstand für Dolomit. Da jedoch trockene Erhitzungen von 120—130° in der Natur höchstens bei Ausbrüchen vorkommen können, die ähnlich

[1] Bull. de la soc. géol. 1834. p. 160.

Digitized by Google

jenem des Mont Pelé waren und doch nur ganz vereinzelt vorgekommen sein dürften und dann eben auch nur rein lokaler Natur sind, so dürfte die Hunt'sche Theorie wohl für die wenigsten in der Natur vorkommenden Dolomite anzuwenden sein.

Dasselbe gilt auch für die Hoppe-Seyler'sche Theorie[1], der zur Bildung noch erhöhten Druck in Anspruch nimmt, die sich also mit jener von Morlot fast vollkommen deckt.

Neben diesen Theorien, die fast alle Hitze und Druck für die Dolomitbildung als nötig erachten, finden sich ganz entgegengesetzte Entstehungshypothesen, die Dolomit als auf wässerige Weise entstanden annehmen. Ludwig[2] veröffentlichte verschiedene Analysen des Nauheimer Solsprudelsinters, der bis zu 11,89 % Magnesia enthielt. Infolgedessen glaubte Volger[3], daß durch Quellabsätze sich die Bildung unseres Gesteins erklären lasse. Ludwig gibt jedoch keinerlei Angaben, ob die Sintermagnesia als leichtlösliches oder schwerlösliches Carbonat im Quellabsatz enthalten ist und es kann somit dieser Magnesiaabsatz nicht wohl zu einer Theoriebildung herbeigezogen werden, besonders da sich diese vollständig in Gegensatz zu den von Gorup und Hoppe-Seyler'schen Untersuchungen stellen würde.

Die nun folgenden weiteren Theorien scheiden sich wieder in zwei Teile, von denen die einen den Dolomit als Umwandlungsprodukt, d. h. entstanden aus kohlensaurem Kalk, die anderen als direkten Absatz aus wässerigen Lösungen entstanden sein lassen. Ziehen wir die letztgenannte Gruppe von Theorien zuerst in Überlegung, so kommen für diese hauptsächlich die Arbeiten von Hoppe-Seyler und von v. Gorup Besanez in Betracht.

Wie schon erwähnt, ließ v. Gorup natürliche und künstliche Lösungen von Kohlensäure haltenden Wassern langsam verdunsten, erhielt aber niemals dadurch Dolomit. Hoppe-Seyler, der diese Versuche in der mannigfachsten Weise nachprüfte, kam zu denselben Resultaten. Es kann also Dolomit durch einfaches Verdunsten einer Kalk- und Magnesia-

[1] Hoppe-Seyler, Zeitschr. d. deutsch. geol. Ges. **27**. 1875. 510.

[2] Ann. d. Phys. u. Chem. 1852. **87**. p. 91.

[3] Die Mineralien der Talkglimmerfamilie. Zürich 1855.

Digitized by Google

carbonatsalzlösung nicht entstehen. Dasselbe ist der Fall bei Anwendung von Magnesiumchlorid und -sulfat bei Gegenwart von Kalkcarbonat. Auf diese Umsetzungen läßt sich also die Dolomitbildung nicht gründen. Da ferner im Sprudelstein von Karlsbad sich keine kohlensaure Magnesia findet, so kann auch durch heiße Quellen unter gewöhnlichen Verhältnissen seine Bildung nicht erklärt werden.

Die andere Gruppe von Hypothesen beruht auf der Umwandlung bereits gebildeter Kalkablagerungen zum Dolomit. Einen Hauptvertreter findet diese Theorie in Bischof[1]. Er unterscheidet vier Fälle:

1. Wässer führen nur magnesiahaltigem Kalkstein nach und nach so viel kohlensauren Kalk fort, bis Normaldolomit entsteht.
2. Gewässer führen dem Kalkstein Magnesiacarbonat zu und kohlensauren Kalk weg.
3. Gewässer führen dem Kalkstein weniger Magnesicarbonat zu und mehr Kalkcarbonat fort.
4. Gewässer führen dem Kalkstein Magnesia zu, aber keinen Kalk weg.

Pfaff sen.[2] kommt in seiner Arbeit: „Noch einige Bemerkungen über den fränkischen Juradolomit", zu folgenden Schlußfolgerungen:

1. Die Umwandlung erfolgte auf hydrochemischem Wege, von oben nach unten wirkend.
2. Sie hat daher die obersten Schichten am stärksten betroffen und nimmt von oben nach unten allmählich ab. Sie ist an einer Stelle mehr, an der anderen weniger tief bemerkbar.
3. Es erfolgte die Umwandlung durch Aufnahme eines neuen Bestandteils, der mit den vorhandenen eine chemische Verbindung einging.
4. Das umgewandelte Gestein ist nirgends durch scharfe Grenzen von dem unveränderten getrennt.

Eine genaue Erklärung über den Gang der Umsetzung dagegen findet sich in diesen Arbeiten nicht, wir werden aber

---

[1] Bischof, Lehrbuch d. chem. u. phys. Geol. **3**. p. 79.

[2] Ann. d. Phys. u. Chem. **83**. 1852. 600; **82**. 1851. 492.

Digitized by Google

später sehen, daß sich diese Schlußfolgerungen mit meinen oben erwähnten Untersuchungen in keinem Widerstreit befinden.

Ebenso kommt Bischof am Schlusse seines Kapitels über den Dolomit[1] zu dem Schluß, daß der Dolomit, soweit er in Gebirgsmassen vorkommt, nur ein auf nassem Wege erfolgtes Umwandlungsprodukt des Kalksteins sein könne.

Auch Doelter und Hörnes kommen in ihrer mehrfach schon erwähnten Arbeit (l. c. p. 312) zu dem Ergebnis, daß die Umwandlung von kohlensaurem Kalk zu Dolomit vielfach stattgefunden hat. Das Schlußresultat ihrer Arbeit fassen sie in folgenden drei Sätzen zusammen:

1. Zahlreiche und mächtige, schwach dolomitische Kalkmassen sind unmittelbar durch die Tätigkeit der Organismen im Meere abgelagert worden.
2. Einzelne kleinere Vorkommen von Normaldolomit wurden durch spätere Metamorphose, durch Einführung von kohlensaurer Magnesia, gebildet.
3. Der größte Teil der an Magnesia mehr oder weniger reichen Dolomite wurde aus den kalkigen Sekretionen der Meeresorganismen durch Einwirkung der im Meereswasser enthaltenen Magnesiasalze während und kurz nach der Ablagerung gebildet. Spätere lokale Differenzierung im Magnesiagehalt wurde durch Zirkulationswässer bewirkt, welche stellenweise Auslaugung und Konzentration herbeiführten.

Gestützt auf die Darstellung des Dolomits durch Zersetzung des Schwefelwasserstoffsalzes von Calcium und Magnesium mittels Kohlensäure habe ich[2] selbst eine Theorie über die Entstehung dieses Gesteins gegeben, die dahin sich äußerte, daß durch die Tätigkeit der Fäulnis erregenden Bakterien die Calcium- und Magnesiumsulfate des Meerwassers reduziert und diese Salze dann durch die Einwirkung der Kohlensäure bei Gegenwart von Kochsalz als Dolomit ausgefällt werden. Obwohl diese Bildung häufig, wie ich glaube, vorkommt, und die ich auch auf jene im Neckar bei Cannstatt vorkommenden Dolomitgesteine anwenden möchte, so halte ich doch dafür,

[1] Bischof, Lehrbuch d. chem. u. phys. Geol. 1854. 2. 2. p. 1190.
[2] Pfaff jun., l. c. p. 505.

Digitized by Google

daß die Natur noch unter anderen Umständen dieses Gestein zum Absatz gelangen läßt.

Bevor ich jedoch eine neuere Theorie, gestützt auf die schon angeführten Experimente, aufstelle, muß ich noch einer weiteren Arbeit, der von KLEMENT, gedenken. Dieser Forscher erhielt, wie schon erwähnt, durch Erhitzen von Aragonit mit Magnesiumsulfat auf 90° C. einen bis zu 43 % haltigen, in verdünnter Säure unlöslichen Rückstand an Magnesiumcarbonat. Er sagt zwar selber[1]: „So viel aber geht aus allen von mir angestellten Versuchen hervor, daß auch das durch Einwirkung von Magnesiasulfat auf natürlichen Aragonit bei Gegenwart von konzentrierter Kochsalzlösung erhaltene Produkt kein Dolomit, sondern ein Gemenge von Calcium und Magnesiumcarbonat ist." Trotzdem meint er wenige Zeilen weiter, „daß für die Frage der Dolomitbildung die erhaltenen Resultate vollkommen genügen, da ihm vielleicht die genaue Erkenntnis über die Bildung noch entgangen sein könnte, oder aber das Gemenge sich noch mit der Zeit in Dolomit umwandeln könnte." So interessant und neu die KLEMENT'schen Untersuchungen sind, und von denen ich nicht in Abrede stellen will, daß sie da, wo in der Natur Temperaturgrade bis zu einer Höhe von 90° C. vorkommen, wirklich die Dolomitbildung erklären, so muß ich doch gegen ihre Verallgemeinerung hier einige gewichtige Bedenken äußern. Das erste ist, daß die durch die Sonne erzeugte Temperatur niemals, soweit wenigstens ich in der Literatur darüber Notizen fand, solche Höhe erreicht. Die höchste Temperatur, die ich angegeben fand, und zwar in Lagunen der Celebes-See, beträgt 32° C.[2], ist also von jener, bei der nach KLEMENT die Umwandlung beginnt, sehr weit entfernt. Im Roten Meere, das für den heißesten Erdstrich angesehen wird, steigt sie nur auf 31°. Auf dem Festlande dagegen steigt die Temperatur im ganz trockenen dunklen Boden bis zu 78° C.; da aber zur Bildung eines 41,5 % Mg-haltigen Rückstandes 91° C. erforderlich waren, so wären Bildungen wie der Hauptdolomit der Alpen dadurch schwer zu erklären, besonders da im hellen Boden die Temperatur niemals

[1] TSCHERMAK, Min.-petrogr. Mitt. 1895. **14**. p. 539.

[2] WALTHER, Einführung in d. Geol. p. 81.

Digitized by Google

so weit geht. Es wäre hier vielleicht einzuwenden, daß die stark bituminösen Dolomite doch während ihrer Bildung diese hohe Temperatur annahmen und daß die jetzt hellen mit der Zeit ihr Bitumen verloren hätten. Dagegen spricht aber, daß gerade die an Kohlenwasserstoff reichen Vorkommen arm an Magnesia sind, was also gerade dem Erfordernis zuwider ist[1]. Wenn auch diese Bedenken vielleicht nicht so schwerwiegender Natur sind, so ist doch noch besonders ein weiterer Umstand zu berücksichtigen. Im Dolomit kommen, wenn auch nicht an vielen Stellen, doch Versteinerungen vor, und diese dann mancherorts so häufig, daß sie das ganze Gestein zusammenzusetzen scheinen. v. Ammon, der die Gastropoden des Hauptdolomits beschrieben hat[2], fand die meisten der ihm vorliegenden Versteinerungen nur als Steinkerne oder Hohlformen.

Im fränkischen Jura bei Engelhardsberg unweit Muggendorf finden sich im reinen Normaldolomit Nester, die ausgefüllt sind von Steinkernen der *Terebratula bisuffarcinata*. Ebenso findet sich im unteren Gipskeuper eine Dolomitbank, fast nur bestehend wiederum aus Steinkernen der *Myophoria Goldfussi* usw. Schalen dieser Versteinerungen finden sich in diesen Dolomiten niemals. Nun besteht aber gerade die Schale der Gastropoden aus Aragonit. Es hätte also, wenn die Klement'sche Erklärung für die hier vorliegenden Dolomite zutreffend wäre, gerade die Schale erhalten bleiben müssen; da dies nicht der Fall ist, so ist sicher für diese Gesteine auch die Klement'sche Theorie nicht passend.

Es wäre noch einer von älteren Autoren und in jüngster Zeit von A. G. Högbom (dies. Jahrb. 1894. p. 265) vertretenen Ansicht, nämlich die der Auslaugung schwach magnesiacarbonathaltiger Gesteine zu gedenken, durch die der Kalkgehalt verringert und dadurch Gesteine mit hohem Magnesiacarbonatgehalt und zuletzt Normaldolomit entstehen soll. Bischof[3], der der Hauptvertreter dieser Ansicht war, nimmt an, daß kohlensäure- und magnesiahaltige Wässer einem schon magnesiahaltigen Kalkstein Magnesiacarbonat zuführen und dabei den kohlensauren Kalkgehalt verringern, d. h. ihn

[1] Rothpletz, l. c.

[2] Ammon, Habilitationsschrift. München 1878.

[3] Bischof, Lehrbuch d. chem. u. phys. Geol. **3**. 79.

Digitized by Google

wegführen, oder daß sie dem magnesiahaltigen Kalkstein nur Kalk fortführen, wodurch in beiden Fällen der Magnesiagehalt angereichert würde. Högbom zeigt nun an der Hand zahlreicher Analysen, daß in den Bändertonen Schwedens der Magnesiagehalt mit Entfernung vom bottnischen Silur, das sozusagen die Heimat vom Kalk- und Magnesiagehalt der Bändertone ist, stark zunimmt, und schließt daraus, daß die Auslaugung die Anreicherung des Magnesiacarbonats verschulde, indem auf dem längeren Weg der leicht löslichere Kalk mehr aufgelöst werde als der schwer löslichere Dolomit.

Daß dem kohlensauren Kalk durch magnesiahaltige Wässer Magnesia unter gewissen Umständen zugeführt werden kann, das ergibt sich aus meinen Versuchen, wie, was eigentlich die Hauptsache ist, erklärt Bischof nicht, der andere Teil seiner und Högbom's Theorie, daß der Magnesiagehalt — wohl richtiger zu sagen Dolomitgehalt — durch die Wegführung von Kalk, d. h. durch die Auslaugung, vermehrt werde, setzt aber stillschweigend voraus, daß der Kalkstein schon einen gewissen Dolomitgehalt ursprünglich besaß, wie aber dieser Dolomitgehalt zu erklären sei und wie dieser selbst, speziell die Verbindung $(Ca\,Mg)\,(C\,O_3)_2$, entsteht, das besagt aber diese Theorie auch nicht. Daß aber, wenn sozusagen Dolomitsand mit Kalksand gemischt ist, durch Auslaugung ein höher prozentischer dolomitischer Kalkstein entstehen könne, dagegen wird wohl nichts einzuwenden sein, obwohl die bisher bekannten Lösungsversuche mit Kohlensäure nicht gerade dafür sprechen. Die weiteren interessanten Daten, die Högbom über den Magnesiagehalt vieler Organismen gibt, können hier, als die Verbindung $(Mg\,Ca)\,(C\,O_3)_2$ nicht näher berührend, übergangen werden, nur möchte ich noch bemerken, daß die Arten wie *Lithothamnium glaciale*, *L. racemus* und *L. ramulosum* nicht zur Bildung von Dolomit beitragen können, da sie nach den Untersuchungen von Vesterberg ihren Magnesiagehalt in leicht löslicher Form, also nicht als Dolomit abscheiden[1].

In neuester Zeit hat Philippi (dies. Jahrb. 1899. I. p. 43) sehr interessante Beobachtungen über Übergänge von Kalken

[1] Vesterberg, Bull. of the Geol. Inst. of the Univ. of Upsala. 1895. p. 254.

Digitized by Google

zu Conchodon-Dolomit beschrieben und dabei die Meinung vertreten, daß dieses Gestein seinen hohen Magnesiagehalt durch Auslaugung erhalten habe, d. h. daß der überschüssige Kalkgehalt, da eine Magnesiazuführung daselbst nicht anzunehmen, durch Wässer entfernt worden sei. Dasselbe glaubt er für die Dolomite der schwäbischen Alb annehmen zu müssen, in welcher die Tagewässer rasch versinken und bei ihrem Durchgang durch die oberen Albschichten die Kalke auslaugen und sie selbst dabei umkristallisieren. Daß auf diese Weise Gesteine mit höherem Dolomitgehalt entstehen können, ist oben schon gezeigt worden, doch muß zuerst aber auch hier ein Gehalt von Dolomit vorhanden sein, daß aber durch die Tagewässer eine Umkristallisierung unter den gewöhnlichen Bedingungen vor sich gehen kann, dies muß ganz entschieden bestritten werden.

Wie die vielfach von Gorup und Hoppe-Seyler schon früher angestellten Versuche unzweifelhaft beweisen, setzt einmal in Wasser gelöster Dolomit niemals wieder Dolomit ab, sondern zuerst kohlensauren Kalk und dann wasserhaltige, leicht lösliche kohlensaure Magnesia. Dies beweisen auch die Tropfsteinbildungen in den Höhlen der fränkischen Schweiz, die nur Spuren von Magnesia enthalten.

Eine andere Erscheinung spricht ebenso gegen eine Umkristallisierung der Dolomite, ja kann sogar der Auslaugungsansicht schwere Bedenken bereiten. v. Gorup-Besanez hat die Quellen des Wiesenttales der fränkischen Schweiz einer eingehenden Untersuchung unterzogen[1] und gefunden, daß diese Quellen in ihrer chemischen Zusammensetzung quantitativ fast den Gesteinen entsprechen, durch welche die Tagewässer sickern müssen, die sie speisen. Das Wasser der Wiesent ist daher verhältnismäßig stark magnesiahaltig. Ich hatte Gelegenheit, vor Jahren an altem Schilf und Gesträuch dieses Flusses Kalkabsätze zu sammeln und habe davon eine quantitative Analyse ausgeführt. Der Kalkabsatz an einem alten Weidenast, von etwas graugelblicher Farbe, der sich vollständig in sehr verdünnter Essigsäure leicht löste, bestand aus:

[1] Sitz.-Ber. d. phys.-med. Soc. zu Erlangen. III. Ann. d. Chem. u. Pharm. 1871. Suppl. VIII. p. 230.

Digitized by Google

$CaCO_3$	97,3
$MgCO_3$	0,9
Fe_2O_3 Al_2O_3 und Unlösliches . . .	2,1

Wäre Dolomit hier vorhanden gewesen, so müßte, da mir doch 5 g Substanz zur Verfügung stand in 2% Essigsäure, ein bemerkbarer Rest von diesem Mineral zurückgeblieben sein. Da dies nicht der Fall war, so kann eben durch das unter gewöhnlichen Verhältnissen eindampfende kalkmagnesiaführende Wasser kein Dolomit entstehen, was auch mit allen in dieser Hinsicht ausgeführten Versuchen in Übereinstimmung ist.

Ich will nun an der Hand der früher beschriebenen Druckversuche, durch die Dolomit unter den verschiedensten Bedingungen und zwar häufig in wohlausgebildeten Rhomboedern erhalten worden ist, versuchen, eine Theorie über die Entstehung dieses Gesteines aufzustellen, die auf die meisten Vorkommen unserer Gesteine angewendet werden kann.

Wie oben gezeigt worden ist, entsteht Dolomit durch Umsetzung von Magnesiumsalzlösungen und kohlensaurem Kalk und Anhydrit bei Gegenwart von Kochsalz unter Druck von 40—200 Atmosphären und wahrscheinlich auch noch bei höheren Drucken. Die beste Einwirkung scheint zwischen 40 und 60 Atmosphären zu sein. Sind die Lösungen nicht stark konzentriert, oder in der Verdünnung der Meereswasser, so entstehen schwach magnesiahaltige Kalke, sind sie konzentriert oder der Konzentration nahe, so entstehen Dolomite, die dem Normaldolomit gleich oder sehr ähnlich zusammengesetzt sind. Wir hätten uns also nur vorzustellen, daß sich in einem Meere, das dem jetzigen Kaspisee in seinen physikalischen Verhältnissen nahe kommt, in einer Tiefe von 180—1800 m, die dem Druck von 40—200 Atmosphären entspricht, in dem sich mehr oder weniger konzentrierte Salzlösungen vorfinden, Kalkabsätze niederschlagen. Diese Absätze würden sich dann zu Dolomit umwandeln. Dolomite, die sich in Vergesellschaftung von Steinsalz und Gipslagern wie die der Rauhwacke- und den Raibler Schichten, im unteren Gipskeuper und in der Lettenkohle usw. vorfinden, sind sofort dadurch erklärt, andere, wie der Hauptdolomit der alpinen Trias etc., lassen sich dadurch ebenso ungezwungen deuten, ja ihr geringer Gehalt an

Digitized by Google

organischen Wesen zeigt mit ziemlicher Sicherheit darauf hin, daß die Bedingungen zum Leben für die Tierwelt fehlten, was wieder auf einen hohen Salzgehalt des Meerwassers hinweist. Liegt zwischen solchen Dolomiten reiner, oder fast reiner kohlensaurer Kalk, so erklärt sich dies sofort durch Aussüßen der Wasser oder durch Heben des Meeresgrundes und dadurch bedingtes Fehlen von konzentrierten Salzlösungen und Druck. Das nesterweise Auftreten von Versteinerungen beruht auf demselben Umstand, das Meer hatte sich ausgesüßt, die Organismen wanderten an einer Stelle massenweise ein, oder wurden aus einem anderen Meeresarm, indem eine Meeresbarre brach, hereingeschwemmt, starben ab, und die Schalen unterlagen dann der Dolomitisierung, d. h. wurden aufgelöst, und die Hohlformen blieben als Steinkerne erhalten. Waren die oben beschriebenen Fälle sozusagen primäre Dolomitbildung, so kommen wir mit letztem Beispiel zu den sekundären.

Es fragt sich, wie hätten wir uns die Umwandlung von Korallenriffen und die Entstehung plumper Felsmassen ohne Schichtung wie jene des fränkischen Jura zu erklären. Auch hierfür finden wir eine ungezwungene Erklärung. Nachdem sich die Kalke und Korallenriffe gebildet hatten, konzentrierte sich das Meerwasser, indem die freie Kommunikation mit dem Ozean unterbrochen wurde und die Dolomitisierung konnte vor sich gehen.

Letztgenanntes Gebirge liefert gerade für diese Erklärung das schlagendste Beispiel. Am Walpurgisberg sind nach Pfaff sen.[1] die am höchsten gelegenen Felsmassen fast reiner Normaldolomit, nach unten zu nimmt der Dolomitgehalt ab, der Magnesiagehalt geht aber sogar noch in den braunen Jura hinein[2]. Übergänge von Kalk zu Dolomit sind häufig vorhanden. Es erklärt sich dies sehr einfach dadurch, daß das darüber lagernde Meer die obersten Kalklagen vollständig zu Dolomit umbilden konnte, zu den tiefer gelegenen konnten die Salzlösungen nicht mehr so gelangen, es bildete sich Dolomit und Kalk blieb nebenbei noch bestehen oder es bildeten sich Dolomitumhüllungen, wie bei dem auf p. 567 f. beschriebenen Versuch,

[1] Pogg. Ann. 1852. 87. 603.
[2] l. c. p. 604.

Digitized by Google

mit einem Kalkresiduum in der Mitte und schließlich können die Magnesiasalzlösungen mit den Kochsalzlösungen nur noch auf den Sprüngen dolomitisierend einwirken. Es entstanden also die schon von Muggendorf beschriebenen Verästelungen und Verzahnungen des Dolomites im kohlensauren Kalk. Es fragt sich nun noch, ob man eine länger währende Bedeckung des Frankenjuras und ähnlicher Gegenden mit Meer annehmen darf, da, wenn dies der Fall gewesen wäre, doch noch Spuren von Chlornatrium und Sulfaten sich in den Quellen heute noch nachweisen lassen müßten. Daß dem auch wirklich so ist, dafür liefert gerade der Frankenjura wiederum den schönsten Beweis. Wie die hochinteressanten Untersuchungen von Ad. Schwager nachgewiesen haben[1], führen die Quellen dieser Gegend stets noch eine verhältnismäßig nicht unbeträchtliche Menge von Chlornatrium und Sulfaten, aber keine organischen und Salpetersäuren. Diese Analysen beweisen auf das allerüberzeugendste, daß wirklich das Meerwasser die Umwandlung in Dolomit herbeigeführt hat.

Beobachtet man den Dolomitbildungsprozeß in seinem ganzen Verlauf, so zeigt sich schließlich, daß primäre und sekundäre Dolomitbildung im Grund genommen auf demselben Vorgang beruhen. Im ersten Falle wird der im Meerwasser entweder als organogener oder als chemischer Niederschlag sich allmählich absetzende kohlensaure Kalk schon während seiner Entstehung dolomitisiert, im zweiten Falle wird der sich schon in fester Gestalt oder am Boden befindliche Kalk ebenso durch das Meerwasser, d. h. die konzentrierten Salzlösungen zu Dolomit umgewandelt. Ein prinzipieller Unterschied ist also in beiden nicht zu finden, der einzige Unterschied würde sich darin kundgeben, daß im ersten Falle geschichtete Ablagerungen, im zweiten mehr plumpe Felsen entstehen würden.

Wie das früher beschriebene Experiment zeigt, entsteht auch schon bei fast normaler Meereswasserkonzentration immer etwas Dolomit, es mußten demnach auch auf dem Meeresboden in größeren, dem Druck von 40—200 Atmosphären entsprechenden Tiefen sich solche finden lassen, und dies ist in der Tat

[1] Geogn. Jahresh. 1893. p. 99.

Digitized by Google

der Fall. So wurde an der Küste von Brasilien in 1243 m ein Schlamm gelotet, der bestand aus:

SiO_2	31,6
Al_2O_3	9,2
Fe_2O_3	4,5
CaO	25,6
MgO	2,07
Na_2O	1,63.

Bei Salerno fand sich im Schlamm:

$CaCO_3$	14
$MgCO_3$	3

bei 400 m Tiefe.

Bei Neapel ergab eine Bodenprobe aus derselben Tiefe, ohne daß in der Nähe Kalkgesteine sich befanden:

$CaCO_3$	16
$MgCO_3$	4.

An der Küste von Florida enthalten die Kalke des sogen. Pourtalès-Plateau[1] in einer Tiefe von 150—500 m:

$CaCO_3$	47,11
$CaPO_4$	13,15
Fe_2O_3	20,23
$MgCO_3$	12,39
Organisch	5,89.

Wir sehen also, daß auch hier ganz wie das Experiment die Natur schwach dolomitische Kalke absondert, und zwar in einer Tiefe, die genau dem angewendeten Versuchsdruck entspricht.

Daß aber die Dolomite in der Natur unter ganz bestimmten Umständen nur zur Bildung gelangen können, beweist, daß die reineren kohlensaueren Kalke viel verbreiteter sind als die Dolomite, denn würden die Dolomite unter gewöhnlichen und überall vorhandenen Bedingungen sich bilden können, so wären alle derartigen Ablagerungen dann keine Kalke, sondern Dolomite, es würden dann in den geologischen Ablagerungen die Dolomite die häufigeren und die Kalke wahrscheinlich die selteneren Bildungen sein.

[1] Walther, Einführung in d. Geol. p. 886.

Digitized by Google

Ueber Apatit vom Epprechtstein in Bayern und von Luxullian in Cornwall.

Von

Karl Walter aus Lengfeld (Hessen).

Mit Taf. XVII.

Inhalt.

Seite

Einleitung 581
1. Paragenetischer Teil . . . . . 582—589
A. Die paragenetischen Beziehungen des Apatits vom Epprechtstein 582
B. Die paragenetischen Beziehungen des Apatits von Luxullian 587
2. Chemischer Teil . . . . . 589—597
A. Die chemische Zusammensetzung des Apatits vom Epprechtstein 592
B. Die chemischen Verhältnisse des Apatits von Luxullian . . 594
3. Kristallographischer Teil . . . . . 598—618
A. Die kristallographischen Verhältnisse des Apatits vom Epprechtstein 598
B. Die kristallographischen Verhältnisse des Apatits von Luxullian 610
4. Optischer Teil . . . . . 619—642
A. Die Lichtbrechungsverhältnisse des Apatits vom Epprechtstein 621
B. Die Lichtbrechungsverhältnisse des Apatits von Luxullian . . 627
Zusammenfassung der Resultate 642

Über die einander ähnlichen Vorkommen von Apatit am Epprechtstein und bei Luxullian in Cornwall liegen nur spärliche Mitteilungen in der Literatur vor; eingehende Untersuchungen, die eine genauere Vergleichung der beiden Apatite ermöglichten, stehen noch aus. Diese Lücke auszufüllen, ist

Digitized by Google

der Zweck vorliegender Arbeit. Gleichzeitig sucht sie in bezug auf den Apatit einen Beitrag zu liefern zu der Frage, welchen Einfluß Färbung und variable chemische Zusammensetzung auf die Brechungsindizes eines Minerales ausüben.

Die Untersuchungen, deren Resultate im folgenden mitgeteilt werden sollen, wurden in dem mineralogischen und in dem physikalischen Institute der Königlichen Universität zu Münster i. W. ausgeführt. Das Material, welches zur Beobachtung vorlag, war teils von Herrn Obergeometer Dittmar in Weiden und Herrn Dr. Krantz in Bonn mit zuvorkommendster Bereitwilligkeit zur Verfügung gestellt worden, teils hatte es Herr Prof. Dr. Busz selbst an Ort und Stelle gesammelt.

Auf den 28 Stufen, von welchen 13 dem Vorkommen vom Epprechtstein und 15 dem von Luxullian angehören und unter denen sich eine etwa 12 cm breite und 15 cm lange Prachtstufe von letzterem Fundort findet, sind wohl alle Ausbildungen vertreten, welche für diese beiden Fundstätten, die hinsichtlich des Glanzes und der Schönheit der Kristalle nicht hinter anderen zurückstehen, charakteristisch sind.

Die Arbeit wird ihrer Zweckbestimmung entsprechend die Apatite behandeln nach ihren: 1. paragenetischen Beziehungen, 2. chemischen Verhältnissen, 3. kristallographischen Eigenschaften, 4. Lichtbrechungsverhältnissen und demgemäß in vier Teile zerfallen.

1. Paragenetischer Teil.

A. Die paragenetischen Beziehungen des Apatits vom Epprechtstein.

Der Granit des Epprechtsteins ist ein typischer zweiglimmeriger Granit[1]; neben Muscovit findet sich als Gemengteil der Lithionglimmer, weshalb dieses Gestein von v. Sandberger mit dem Namen Lithionitgranit belegt wurde[2]. Eine häufige Erscheinung in demselben sind Drusenräume, welche

[1] Vergl. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie der massigen Gesteine. 1889. p. 30.

[2] Vergl. v. Sandberger, Über Lithionitgranite mit besonderer Rücksicht auf jene des Fichtelgebirges, Erzgebirges und des nördlichen Böhmens. Sitzungsber. d. math.-physik. Kl. d. k. bayr. Akad. d. Wiss. zu München. München 1888. 18. p. 423 ff.

Digitized by Google

oft eine beträchtliche Größe erreichen und an Mannigfaltigkeit und Schönheit der Ausbildung von denen anderer Vorkommen kaum übertroffen werden dürften.

Wie die vorliegenden Stufen erkennen lassen, besitzt dieser Granit eine mittelkörnige Struktur, die nach den Drusen zu allmählich in eine grobkörnige übergeht. Hierbei tritt der Glimmer zurück; Quarz und Feldspat, unregelmäßig oder schriftgranitisch verwachsen, sind die bei weitem vorherrschenden Bestandteile. Sie bilden die allgemeine Unterlage der Drusen, deren Wände mit einer Reihe prächtig auskristallisierter Mineralarten überzogen sind. Die Zahl derselben ist in einer von W. Machert veröffentlichten Abhandlung[1], in welcher auch des Apatits kurz Erwähnung getan wird, auf nicht weniger als 18 angegeben, und zwar sind dies ihrem Alter nach die folgenden:

Orthoklas, Quarz, älterer Glimmer (Zinnwaldit), grünlicher Epidot in feinen auf Feldspat aufgewachsenen Nädelchen, Arsenkies, älterer Turmalin, dann die beiden aus Orthoklas hervorgegangenen Mineralien, nämlich älterer sekundärer Glimmer und mit ihm gleichalteriger oder jüngerer ziemlich flächenreicher Albit, ferner blauer oder grüner Flußspat, Topas, der glimmerähnliche Gilbertit und der fast immer mit ihm verwachsene sekundäre Turmalin; Rauchquarz und sekundärer Quarz, welche die Reihe der hauptsächlichen Drusenmineralien beschließen; außerdem Wolfram und nadelförmiger zu Büscheln gruppierter Zinnstein, beide selten; Apatit, ziemlich häufig; traubiger Hyalit, vereinzelt; weiter die als Lithiophorit bezeichneten manganhaltigen Substanzen in nierenförmigen Aggregaten oder in dünnen schwarzen Überzügen, alle späteren Mineralien, gelegentlich auch einen Teil der älteren bedeckend, und endlich als jüngste Bildungen Kalk- und Kupferuranglimmer.

Von diesen genannten Mineralien konnte ich auf den vorliegenden Stufen nur 10 beobachten. Sie seien im folgenden kurz beschrieben.

---

[1] Vergl. W. Machert, Beiträge zur Kenntnis der Granite des Fichtelgebirges mit besonderer Berücksichtigung des Granites vom Epprechtstein und seiner Mineralführung nebst einem Anhang: Über Zinnbergbau im Fichtelgebirge. Dissertation. Berlin 1894. p. 31 ff.

Digitized by Google

Der Kalifeldspat von weißer, gelblicher oder blaßfleischroter Farbe kommt sowohl in einfachen Kristallen als auch in Zwillingen vor. Die Karlsbader Zwillinge sind tafelförmig nach dem Klinopinakoid und zeigen eine deutliche Markierung der ineinandergewachsenen Flächen {001} und {110}. Manebacher Zwillinge erreichen eine Breite von 20 mm und eine Dicke von 8 mm. Auch nach dem Bavenoer Gesetz gebildete Zwillinge sind vertreten. Alle Kristalle sind flächenarm und bieten nur die gewöhnlichen Formen: {001}, {110}, {010}, {$\bar{1}$01}, {201} und weniger häufig {111}.

Interessant sind die unverkennbaren Anzeichen einer chemischen Einwirkung, welcher der Orthoklas ausgesetzt gewesen ist. Die Kristalle sind vielfach an der Oberfläche in eine gelbliche Substanz umgewandelt oder lassen eine Korrosion der Flächen beobachten. Feine Überzüge von Albit oder Ausheilungen angefressener Stellen durch Albitkriställchen, starke Gilbertitüberdeckung, sowie innige Verwachsung kleiner Turmalinnadeln mit Orthoklaskristallen sind eine häufige Erscheinung.

Der ältere Glimmer, Zinnwaldit[1], weist ebenfalls deutliche Spuren einer chemischen Einwirkung auf. Häufig ist er in Gilbertit umgewandelt, zeigt innige Verwachsung mit diesem oder wird vollständig von ihm umhüllt. Er findet sich in tafelförmigen Kristallen oder zu großschuppigen Aggregaten vereinigt. Seine Farbe ist meist gelblichgrau. Der Flamme gibt er eine intensiv karminrote Färbung, dabei zu schwärzlichem Glase schmelzend.

Von den drei Varietäten, in denen uns der Quarz entgegentritt, weist der Rauchquarz die größten Exemplare auf. Sie erreichen eine Länge bis zu 30 mm bei einer Breite von 15 mm. Meist finden sich einzelne Individuen; aber auch Verwachsungen mit parallelem Achsensystem wurden beobachtet. Nur die gewöhnlichen Formen treten als Begrenzungselemente auf, nämlich ∞R {10$\bar{1}$0}, + R {10$\bar{1}$1}, — R {01$\bar{1}$1}. Die Kristalle sind stark glänzend. Die Prismenflächen zeigen die charakteristische Horizontalstreifung. Auf denselben haben sich besonders Gilbertit, Glimmer und Apatit angesiedelt.

[1] Vergl. v. Sandberger, a. a. O. p. 476.

Digitized by Google

Größere Quarze weisen häufig Verletzungen und Korrosion auf; in den vertieften Stellen finden wir Albit und Turmalinnädelchen abgesetzt. Milchigweißer Quarz tritt meist in geringeren Dimensionen auf; bei ihm haben die Rhomboederflächen die beste Ausbildung, während die Prismenzone nur teilweise scharfe kristallographische Begrenzung aufweist. Formenreicher als die beiden genannten Ausbildungsweisen ist die dritte, kleine wasserhelle Individuen. Sie erreichen nur eine Länge von etwa 10 mm und zeigen außer Prisma und Rhomboeder noch die beiden Pyramiden $\{11\bar{2}1\}\ \frac{2P2}{4}$ r und $\{51\bar{6}0\}\ \frac{6P\frac{6}{5}}{4}$.

Bei dem Turmalin lassen sich deutlich zwei Wachstumsperioden unterscheiden. Bei dem älteren dunkel gefärbten Turmalin finden sich neben zahlreichen einzelnen größeren Individuen, die bis zu 2½ mm dick, 11 mm lang und deren Prismenflächen stets stark gestreift sind, auch häufig kleine, mit Feldspat und Quarz verwachsene, das letztere Mineral bisweilen vollständig durchspießende Nadeln. Der jüngere Turmalin zeigt eine grünliche Farbe und besitzt immer nadel- oder haarförmige Ausbildung. Er ist auf Gilbertit und Apatit aufgewachsen oder von ihnen umschlossen. Auf einer Stufe überzieht er wie ein Filz die übrigen Mineralien. Sogenannte „Turmalinsonnen", an denen der Epprechtsteiner Granit reich ist, wurden auf dem vorliegenden Material nicht bemerkt.

Albit kommt nur in kleinen farblosen oder weißen ziemlich flächenreichen Kristallen, welche Zwillinge und Viellinge nach dem bekannten Gesetz bilden, vor. W. Machert[1] erwähnt die Formen: {010}, {001}, {110}, {1$\bar{1}$0}, {20$\bar{1}$}, {1$\bar{3}$0}, {0$\bar{2}$1}, {021}. Wie bereits bei dem Orthoklas erwähnt, heilt Albit Verletzungen desselben aus, verbreitet sich krustenförmig über ihn und die benachbarten Mineralien, besonders Quarz, oder ist mit ihm regelmäßig verwachsen. v. Sandberger beobachtete noch förmliches Herauswachsen des Albits aus den freigelegenen Flächen der Pegmatolithe und sein Eindringen ins Innere derselben, so daß letztere nur bei noch nicht allzuweit vorgeschrittener Zersetzung noch einen frischen Kern übrig be-

[1] Vergl. W. Machert, a. a. O. p. 45.

Digitized by Google

halten[1]. Diese Beobachtungen lassen unzweifelhaft erkennen, daß der Albit aus Orthoklas hervorgegangen ist, ein Prozeß, auf welchen zuerst G. Rose bei der Beschreibung der Drusenmineralien von Hirschberg hingewiesen hat[2].

Der mit Albit gleichzeitig und ebenfalls aus Orthoklas entstandene sekundäre Glimmer wurde ebenfalls beobachtet. Er kommt in regelmäßig begrenzten Aggregaten von grünlicher Farbe vor. Durch sein Verhalten vor dem Lötrohr läßt er sich leicht vom Zinnwaldit unterscheiden, da er die Flamme gelb färbt und zu weißem Glase schmilzt.

Der jüngst von M. Weber[3] beschriebene auf sekundärem Glimmer, seltener auf Quarz aufgewachsene Flußspat wurde nur einmal auf einem eigentümlich ausgebildeten Apatitkristall, welcher weiter unten beschrieben ist, beobachtet. Das 5 mm breite, 4½ mm lange Flußspatkriställchen ist von blauer Farbe und zeigt die Formen $\infty O\infty$, O, ∞O. Weber erwähnt für den Flußspat noch mehrere Ikositetraeder und Hexakisoktaeder.

Gleichzeitig mit sekundärem Turmalin setzte sich ein glimmerähnliches Mineral von gelblicher Farbe, der Gilbertit, ab, welcher für das Mineralvorkommen vom Epprechtstein außerordentlich charakteristisch ist. Er bildet kleine sechsseitige Täfelchen oder auch kugelige Aggregate und findet sich auf Feldspat, Zinnwaldit, Rauchquarz und älterem Turmalin. Bisweilen umgibt er den ersteren, bisweilen zeigt er sich nur auf einzelnen Flächen desselben; bei Rauchquarz ist er fast ausschließlich auf den Prismenflächen zu finden; Turmalin und Zinnwaldit umschließt er oft vollständig, Pseudomorphosen nach ihnen bildend. Seine Entstehung verdankt er dem Zinnwaldit.

Als eines der jüngsten in den Hohlräumen zur Auskristallisation gelangten Mineralien tritt uns der Apatit entgegen. Er ist meist auf Gilbertit oder auch auf Feldspat, Quarz und Turmalin aufgewachsen.

Die übrigen noch von W. Machert aufgeführten Mineralien wurden nicht beobachtet.

---

[1] v. Sandberger, a. a. O. p. 483.

[2] Vergl. G. Rose, Pogg. Ann. **80**. 123 ff.

[3] Vergl. M. Weber, Über Flußspat vom Epprechtstein im Fichtelgebirge. Zeitschr. f. Krist. 1903. **37**. p. 433 ff.

Digitized by Google

B. Die paragenetischen Beziehungen des Apatits von Luxullian.

Auch bei Luxullian kommt der Apatit in den Drusenräumen eines lithionhaltigen Zweiglimmergranites vor. Ein im hiesigen Mineralogischen Museum befindlicher kleiner Granitblock mit den Abmessungen 22 × 20 × 24 cm zeigt einen schönen Hohlraum von 5 cm Durchmesser und 24 cm Länge, in welchem die auskristallisierten Mineralien mit ihren wohlausgebildeten Enden hineinragen. Auch hier sehen wir das Grobkörnigerwerden des Gesteins nach der Druse zu und das Zurücktreten des Glimmers. Wir sehen dieselben Begleitmineralien mit den gleichen paragenetischen Beziehungen, wie wir sie beim Epprechtsteiner Vorkommen kennen gelernt haben; nur bieten sich die Mineralien sowohl in dem erwähnten Hohlraum, als auch auf fast allen vorliegenden Stufen in größerer Dimension und teilweise in noch vorzüglicherer Ausbildung dar.

Weiße, gelbliche oder rote Feldspatkristalle mit ebenfalls nur einfachen Kombinationen sind bis 6 cm lang und 5,5 cm breit. Auch sie weisen wie die Epprechtsteiner Kristalle Spuren chemischer Einwirkung auf; häufig zeigt die Oberfläche jene Umwandlung in ein gelbliches Mineral, welches wohl für Kaolin anzusehen ist; angefressene, vertiefte Stellen auf den Flächen sind nicht selten, Überdeckung der Kristalle mit Turmalin, Albit und Gilbertit ist ebenfalls zu beobachten.

Der Quarz, mit das interessanteste Drusenmineral, weil er in deutlicher Weise verschiedene Wachstumsperioden zeigt, erreicht eine Länge von 5 cm bei einem Durchmesser von 3 cm. Bei manchen Exemplaren übertrifft die Länge die Breite drei- bis viermal. Rauchquarzkristalle, welche die größten Dimensionen der drei Ausbildungsweisen erreichen, zeigen nicht immer eine gleichmäßige Verteilung der Farbe durch den ganzen Kristall, indem die rauchbraune Farbe nach den Rhomboederflächen zu in eine schmutzigweiße Trübung übergeht. Die Prismenflächen zeigen Horizontalstreifung. Doppelseitig ausgebildete Individuen wurden wiederholt beobachtet. Manche Kristalle sind vollkommen überkrustet von derbem, weißem Quarz, der in stark glänzenden, farblosen Quarz

Digitized by Google

mit vorzüglich ausgebildeten Rhomboederflächen endigt. Sogenannter Kappenquarz ist ebenfalls vorhanden; er ist in seinem unteren Teile rauchbraun gefärbt, der obere Teil zeigt einen weißen Kern mit farbloser Hülle. Die wasserhellen Quarzkristalle, bis zu 20 mm lang und 6 mm breit, sind flächenreicher und kommen gelegentlich auch in Zwillingen vor.

Der braune Lithionglimmer bildet büschelförmige oder rosettenförmige Aggregate; die einzelnen Individuen verschmälern sich nach dem Strahlungspunkte zu und haben beim Zerteilen ein keilförmiges Aussehen.

Schwarzer Turmalin durchdringt den Feldspat und Quarz des ursprünglichen Granites. Die in die Drusen hineinragenden Kristalle zeigen starke Riefung der Prismenflächen und werden bis zu 50 mm lang und 15 mm breit. Sie sind bisweilen von Gilbertit übersät, der völlige Umhüllungspseudomorphosen nach ihm bildet, so daß, wenn das Turmalinindividuum herausgebrochen wird, eine hohle Gilbertitröhre zurückbleibt. Auch eine jüngere Turmalingeneration findet sich; dünne Nadeln von brauner Farbe durchspießen hie und da Quarz und Apatitkristalle oder sind auf ihnen aufgewachsen.

Flußspat, bisweilen prächtig fluoreszierend, zeigt lichtblaue, grünliche oder violette Färbung. Die Kristalle erreichen einen Durchmesser von 33 mm und bieten bei herrschenden Würfelflächen die Kombinationen O, ∞O∞ oder O, ∞O∞, ∞O. Auf Quarz ist er selten anzutreffen.

Der auch für dieses Mineralvorkommen so charakteristische Gilbertit sitzt, wie bereits erwähnt, häufig auf Turmalin, überdeckt aber auch Feldspat und Quarz. Er ist von gelblicher Farbe und zeigt sich in rundlichen, kugelförmigen oder radialstrahligen Aggregaten.

Außer diesen dem Granit vom Epprechtstein und von Luxullian gemeinsamen und den Apatit begleitenden Drusenmineralien wurde auf einer Stufe noch das Auftreten von Kalkspat beobachtet. Er bildet kleine Rhomboeder oder hexagonal begrenzte Täfelchen. Eine quantitative Analyse ergab auch die Anwesenheit geringer Mengen von Magnesium; somit ist neben Kalkspat auch etwas Dolomit vertreten. Diese Karbonate sind älter als Apatit, da letzterer sich nur auf ihnen aufgewachsen findet. Im übrigen treffen wir den Apatit

Digitized by Google

auf denselben Mineralien wie bei dem Vorkommen vom Epprechtstein an.

Besonderer Erwähnung verdient die nicht seltene Ausfüllung der Granithohlräume mit einer für Kaolin anzusehenden Masse. In ihr finden sich abgebrochene und lose Drusenmineralien, welche jedoch nichts wesentlich Neues bieten.

Bei der Frage nach der Bildung des Apatits in diesen Granitspalten ist darauf hinzuweisen, daß in den sekundären Drusenmineralien die Elemente B, F, P, Li reichlich vertreten sind. Diese können nicht wohl durch Lateralsekretion aus dem Nebengestein hervorgegangen sein, vielmehr deuten sie auf Fumarolenprozesse hin, die sich während oder nach der magmatischen Eruption abgespielt haben[1].

2. Chemischer Teil.

Bevor die Resultate der ausgeführten Analysen mitgeteilt werden, möge der Gang der Untersuchung, der sich als am brauchbarsten erwiesen hat, angegeben sein[2].

Wasser. Der Gehalt an Wasser wurde durch einstündiges Trocknen bei 125° C. und durch Erhitzen der getrockneten Probe über dem Gebläse bis zu konstantem Gewicht bestimmt.

Chlor. Zur Bestimmung des Chlors wurde das feinstgepulverte Mineral mit silbernitrathaltiger Salpetersäure 2 bis 3 Stunden auf dem Wasserbade stehen gelassen[3], das ausgeschiedene Chlorsilber und der geringe ungelöst gebliebene Teil abfiltriert, das Chlorsilber durch Übergießen mit Ammoniak direkt vom Filter in Lösung gebracht und durch Ansäuern mit Salpetersäure wieder ausgefällt.

Fluor. Die abgewogene Substanz wurde mit der $2\frac{1}{2}$fachen Menge Kieselsäure und der 6fachen Menge Natriumkaliumkarbonat geschmolzen, die erkaltete Masse mit Wasser be-

[1] Vergl. R. Brauns, Chemische Mineralogie. Leipzig 1896. p. 293 ff.

[2] Vergl. hierzu: F. P. Treadwell, Kurzes Lehrbuch der analytischen Chemie in zwei Bänden. II. Bd.: Quantitative Analyse. 3. Aufl. Leipzig und Wien 1905.

[3] P. Jannasch, Praktischer Leitfaden der Gewichtsanalyse. Leipzig 1897. p. 260.

Digitized by Google

handelt und der unlösliche Rückstand abfiltriert. Das Filtrat wurde von der Hauptmenge der Kieselsäure durch Ammonkarbonat und von den noch gelöst bleibenden geringen Mengen derselben durch Zinkoxydammoniak befreit. Die im fluorhaltigen Filtrat noch vorhandene Phosphorsäure wurde mit salpetersaurem und kohlensaurem Silber ausgefällt, abfiltriert, aus dem Filtrat das überschüssige Silber mit Chlornatrium entfernt und das Fluor nach Fällung mit Calciumchlorid als Fluorcalcium bestimmt. Zur Kontrolle wurde letzteres mit wenig konzentrierter Schwefelsäure abgeraucht, schwach geglüht und das Calciumsulfat gewogen [1].

Phosphorsäure. Die Substanz wurde in Salpetersäure durch längeres Erwärmen auf dem Wasserbade gelöst und die Phosphorsäure nach Abfiltrieren des ungelöst gebliebenen Rückstandes als Ammoniumphosphormolybdat nach Woy abgeschieden und als Magnesiumpyrophosphat gewogen. Das phosphorsäurefreie Filtrat wurde auf ein kleines Volumen eingedampft [2], die abgeschiedene überschüssige Molybdänsäure abfiltriert und mit salpetersäurehaltigem Wasser warm ausgewaschen. Das Filtrat wurde dann einige Male zur Entfernung der Salpetersäure mit Salzsäure eingetrocknet, der Rückstand mit Wasser und etwas verdünnter Salzsäure aufgenommen, die Lösung in der Kälte mit Schwefelwasserstoff gesättigt und so lange in einer fest verschlossenen Druckflasche auf dem Wasserbade erhitzt, bis sich das Molybdän grobflockig abgesetzt hatte, der Niederschlag abfiltriert und sorgfältig ausgewaschen. Letztere Operation wurde 2—3mal bis zur vollständigen Entfernung des Molybdäns wiederholt.

Trennung des Eisens, Aluminiums und Mangans von den Erdalkalien und Alkalien. Das so erhaltene molybdänfreie Filtrat wurde auf ein kleineres Volumen gebracht, möglichst neutralisiert, mit Salmiak und tropfenweise mit von Ammoniumkarbonat freiem, frisch bereitetem, farblosem Schwefelammonium versetzt, bis die Flüssigkeit deutlich nach Schwefelammonium roch. Nach 12stündigem Stehen wurde die aus Aluminiumhydroxyd und den Sulfiden des Eisens und

[1] Vergl. Treadwell, a. a. O. p. 341 f. und p. 351.
[2] Vergl. Jannasch, a. a. O. p. 259.

Digitized by Google

Mangans bestehende Fällung abfiltriert und mit schwefelammoniumhaltigem Wasser ausgewaschen.

Der Niederschlag wurde in Salzsäure gelöst und Eisen und Aluminium von Mangan nach der Baryumkarbonatmethode getrennt[1]. Die kalte Lösung wurde mit kohlensaurem Baryum versetzt und 24 Stunden stehen gelassen, dann wurde abfiltriert, der Niederschlag, in welchem sich die beiden ersteren Elemente befinden, in Salzsäure aufgelöst, Eisen und Aluminium vom Baryum durch doppelte Fällung mit Schwefelammonium getrennt und als Oxyde zur Wägung gebracht. Das im Filtrate enthaltene Mangan wurde auf dieselbe Weise abgeschieden und als Oxyd gewogen. Eisen- und Aluminiumoxyd wurden mit Kaliumbisulfat aufgeschlossen. In der einen Probe wurde Eisen von Aluminium durch Natriumhydroxyd getrennt und nach Fällung mit Ammoniak als Fe_2O_3 gewogen. in der anderen Portion das Eisen durch Titrieren mit Kaliumpermanganatlösung bestimmt; der Gehalt an Tonerde wurde durch Differenzbestimmung ermittelt.

Calcium. In dem von Eisen, Aluminium und Mangan befreiten Filtrate erfolgte die Trennung des Calciums von Magnesium und Alkalien durch oxalsaures Ammonium[2]; der Niederschlag wurde als Kalk gewogen.

Magnesium. Das Filtrat von Ca wurde eingedampft, die Ammonsalze durch Glühen verjagt, der Glührückstand mit Wasser und einigen Tropfen verdünnter Salzsäure aufgenommen und das Magnesium von den Alkalien durch Ätzbaryt getrennt. Der Baryum und Magnesium enthaltende Niederschlag wurde mehrmals mit heißer verdünnter Schwefelsäure übergossen[3] und das in Lösung gebrachte Magnesium durch Natriumammoniumphosphat abgeschieden und als $Mg_2P_2O_7$ zur Wägung gebracht.

Alkalien. Das überschüssige Baryum im Filtrate vom Magnesiumhydroxyd wurde durch wiederholte Fällung mit Ammoniak und Ammoniumkarbonat entfernt. Das auf diese Weise erhaltene Filtrat wurde zur Trockene gebracht, mit

[1] Vergl. Treadwell, a. a. O. p. 106 f.

[2] Treadwell, a. a. O. p. 62 f.

[3] Vergl. W. Autenrieth, Quantitative chemische Analyse. Freiburg i. B. 1899. p. 104.

Digitized by Google

HCl befeuchtet und die Summe der Chloride von Kalium und Natrium ermittelt, das Kalium als Kaliumplatinchlorid bestimmt und das Natrium schließlich als Sulfat gewogen.

Bei Bestimmung der Basen wurde außer der Entfernung der Phosphorsäure nach der Molybdatmethode auch die andere Methode angewendet, die in der Abscheidung der Phosphorsäure als Stanniphosphat besteht[1].

Ausgeführt wurden die Analysen im Laboratorium des Mineralogischen Instituts.

A. Die chemische Zusammensetzung des Apatits vom Epprechtstein.

Von diesem Vorkommen wurde eine Stufe analysiert, welche aus regellos miteinander verwachsenen, säulenförmigen Kristallen besteht. Sie sind durchsichtig, stark glänzend und zeigen eine blaugraue Farbe und grüne und blaue Zonen, die eine der Basis parallele Lagerung aufweisen. Die Individuen sind bis zu 18½ mm lang und 6½ mm breit und haben eine im wesentlichen aus Basis und Prisma erster und zweiter Stellung bestehende kristallographische Umgrenzung.

Das Ergebnis zweier Analysen ist im Mittel folgendes:

		Auf 100 berechnet
Unlöslicher Rückstand . .	0,29	—
P_2O_5	41,18	41,10
FeO	0,45	0,45
Al_2O_3	0,22	0,22
MnO	0,79	0,79
CaO	53,63	53,52
MgO	0,16	0,16
Na_2O	0,95	0,95
K_2O	1,03	1,03
F	2,41	2,40
Cl	0,04	0,04
H_2O	0,37	0,37
	101,52	101,03
O = F . .	1,02	— 1,03
O = Cl . .	0,01	100,00
	100,49	

[1] Vergl. Autenrieth, a. a. O. p. 72 f. — L. Medicus, Kurze Anleitung zur Gewichtsanalyse. Tübingen 1892. p. 80.

Digitized by Google

		Molekularzahlen:
P_2O_5	0,2894	0,2894
FeO	0,0085	
Al_2O_3	0,0022	
MnO	0,0111	
CaO	0,9557	1,0075
MgO	0,0038	
Na_2O	0,0158	
K_2O	0,0109	
F	0,1268	
Cl	0,0011	0,1690
OH	0,0411	

Daraus berechnet sich:

P_2O_5	: $\overset{II}{R}O$	: F, Cl, OH
1	: 3,41	: 0,58
1,5	: 5,11	: 0,87
3P	: 5	: 1

woraus sich die Formel[1] ergibt

$$Ca_5P_3(F, Cl, OH)O_{12}.$$

Wir haben es also mit einem Fluorapatit zu tun, der nur eine geringe Menge Chlor enthält. Seine Zusammensetzung entspricht indessen nicht der alten Formel $Ca_5(F, Cl)(PO_4)_3$, vielmehr der von Groth aufgestellten $Ca_5P_3(F, Cl, OH)O_{12}$, nach welcher ein Teil der Halogene durch OH ersetzt wird. Bemerkenswert ist der hohe Prozentsatz an Alkalien, welcher bei anderen Vorkommen bis jetzt noch nicht gefunden worden ist. Abgesehen von den Alkalien steht er in seiner Zusammensetzung dem Apatit von Minot (Maine) nahe. Die Werte, die Wolff[2] für letzteren ermittelt hat, sind:

P_2O_5	41,30
$(Fe, Al)_2O_3$	0,71
MnO	0,85
CaO	53,43
MgO	0,70
K_2O	0,27
Na_2O	0,36
H_2O	0,29
Cl	—
F	2,38
Al 320°	0,04
	100,33
O = F	1,00
	99,33

P_2O_5	: $\overset{II}{R}O$	: F, OH
1,5	: 5,13	: 0,85

Formel:

$$Ca_5P_3(F, OH)O_{12}.$$

[1] Vergl. P. Jannasch, a. a. O. p. 262.

[2] Vergl. J. E. Wolff und Ch. Palache, Über Apatit von Minot, Maine. Zeitschr. f. Krist. 1902. 36. p. 444.

Digitized by Google

B. Die chemischen Verhältnisse des Apatits von Luxullian.

Zur Untersuchung gelangten Kristalle, die sich in den erwähnten Spaltenausfüllungen fanden. Sie zeigen eine verschiedene Färbung; die einen sind zum größten Teil gelb und am Ende schwachblau; die anderen sind oben und unten schwachblau, in der Mitte nur eine schmälere gelbe Zone zeigend. Die blau gefärbten Teile sind durchscheinend bis durchsichtig, die gelben undurchsichtig. Die Flächen, hauptsächlich Prisma und Basis, sind eben und haben guten Glanz.

Die Größe der zur Analyse verwendeten Exemplare ist verschieden; sie variiert zwischen 4—12 mm Höhe bei einem Durchmesser von 3—10 mm. Die größten Kristalle zeigen immer die erstere Art der Färbung. Es wurden 3 getrennte Bestimmungen für die verschieden gefärbten Teile ausgeführt, für blau eine, für gelb zwei Bestimmungen.

1. Die Analyse des blau gefärbten Materials ergab:

		Auf 100 % berechnet
Unlöslicher Rückstand . .	0,27	—
P_2O_5	41,16	41,07
FeO	0,21	0,21
Al_2O_3	0,19	0,19
MnO	0,39	0,39
CaO	54,03	53,91
MgO	0,15	0,15
Na_2O	1,11	1,11
K_2O	1,07	1,07
F	2,60	2,59
Cl	0,07	0,07
H_2O	0,35	0,35
	101,60	101,11
O = F . .	1,09	— 1,11
O = Cl . .	0,02	
	100,49	100,00

Molekularzahlen

P_2O_5	0,2892	0,2892	P_2O_5
FeO	0,0029		
Al_2O_3	0,0019		
MnO	0,0055		
CaO	0,9625	1,0053	$\overset{II}{R}O$
MgO	0,0037		
Na_2O	0,0117		
K_2O	0,0112		
F	0,0363		
Cl	0,0020	0,1772	F, Cl, OH
OH	0,0389		

Digitized by Google

Daraus berechnet sich:

P_2O_5	:	$\overset{II}{R}O$	:	F, Cl, OH
1	:	3,48	:	0,62
1,5	:	5,22	:	0,93
3P	:	5	:	1

woraus sich die Formel ergibt:

$$Ca_5P_3(F, Cl, OH)O_{12}.$$

2. Gelbe Teile solcher Kristalle, die zum größten Teile eine blaue Farbe zeigen.

Als Mittel aus zwei Bestimmungen wurde gefunden:

		Auf 100 % berechnet
Unlöslicher Rückstand . .	0,30	—
P_2O_5	40,78	40,90
FeO	0,27	0,27
Al_2O_3	0,15	0,15
MnO	1,74	1,75
CaO	52,40	52,55
MgO	0,27	0,27
Na_2O	1,09	1,09
K_2O	1,05	1,05
F	2,63	2,64
Cl	0,10	0,10
H_2O	0,36	0,36
	101,14	101,13
O = F . .	1,11	— 1,13
O = Cl . .	0,02	
	100,01	100,00

	Molekularzahlen		
P_2O_5	0,2880	0,2880	P_2O_5
FeO	0,0038	1,0038	$\overset{II}{R}O$
Al_2O_3	0,0015		
MnO	0,0247		
CaO	0,9384		
MgO	0,0067		
Na_2O	0,0176		
K_2O	0,0111		
F	0,1389	0,1817	F, Cl, OH
Cl	0,0028		
OH	0,0400		

Daraus berechnet sich:

Digitized by Google

P_2O_5	:	$\overset{II}{R}O$	:	F, Cl, OH
1	:	3,49	:	0,64
1,5	:	5,24	:	0,96
3P	:	5	:	1

Formel:

$$Ca_5P_3(F, Cl, OH)O_{12}.$$

3. Gelbe Teile solcher Kristalle, die nur zu einem kleinen Teile blau gefärbt sind. Sie zeigten folgende Zusammensetzung:

		Auf 100 % berechnet
Unlöslicher Rückstand . .	0,34	—
P_2O_5	40,58	40,58
FeO	0,33	0,33
Al_2O_3	0,20	0,20
MnO	4,10	4,10
CaO	50,53	50,52
MgO	0,43	0,43
Na_2O	0,96	0,96
K_2O	0,92	0,92
F	2,53	2,53
Cl	0,13	0,13
H_2O	0,40	0,40
	101,45	101,10
O = F . .	1,07	— 1,10
O = Cl . .	0,03	100,00
	100,35	

	Molekularzahlen		
P_2O_5	0,2864	0,2864	P_2O_5
FeO	0,0046		
AlO	0,0010		
MnO	0,0577		
CaO	0,9016	1,0010	$\overset{II}{R}O$
MgO	0,0106		
Na_2O	0,0155		
K_2O	0,0098		
F	0,1332		
Cl	0,0037	0,1813	F, Cl, OH
OH	0,0444		

Hieraus berechnet sich:

P_2O_5	:	$\overset{II}{R}O$	:	F, Cl, OH
1	:	3,49	:	0,64
1,5	:	5,24	:	0,96
3P	:	5	:	1

Es ergibt sich die Formel:

$$Ca_5P_3(F, Cl, OH)O_{12}.$$

Digitized by Google

Aus den analysierten Proben geht hervor, daß der Apatit von Luxullian ein Fluorapatit ist, der einen geringen Chlorgehalt (bis zu 0,13 %) aufweist. Ferner, daß seine chemische Zusammensetzung eine variable ist: der Prozentsatz an Phosphorsäure im gelben Material wurde niedriger gefunden als im blauen, der Chlorgehalt zeigt das umgekehrte Verhältnis. Die Menge der Alkalien ist bei allen dreien verhältnismäßig hoch. Bedeutende Differenzen zeigt der Gehalt an Mangan und Kalk, welche wohl als isomorphe Beimischungen vorhanden sind. Der Mangangehalt schwankt zwischen 0,39 und 4,10 %, der Kalkgehalt zwischen 50,53 und 54,03 %. Noch größere diesbezügliche Unterschiede sind an dem Apatit von Brancheville beobachtet worden. Seine Zusammensetzung sowie die des manganhaltigen Apatits von Zwiesel seien zum Vergleiche hier aufgeführt[1]:

	Brancheville			Zwiesel
	(dunkelgrün)	(grün)	(weiß)	
P_2O_5	41,63	40,96	41,47	43,95
CaO	44,92	53,53	53,15	52,78
MnO	10,59	2,48	1,96	3,04
F	3,12	3,84	2,68	2,15
Cl	0,03	—	0,10	—
Al_2O_3	—	0,50	—	—
Fe_2O_3	0,77	0,08	0,22	—
Unlösl.	—	0,06	1,50	—
MgO	—	—	—	—
Sa.	101,06	101,45	101,08	101,92

Bei Vergleichung mit dem Epprechtsteiner Apatit ergibt sich, daß der Apatit von Luxullian eine ähnliche chemische Zusammensetzung besitzt wie jener. Beide sind Fluorapatite mit geringen Quantitäten Chlor. Beide besitzen einen zu kleinen Gehalt an Halogenen, um der Formel $Ca_5(F, Cl)(PO_4)_3$ zu genügen, entsprechen jedoch der jetzt allgemein angenommenen $Ca_5P_3(F, Cl, OH)O_{12}$. Beide haben einen höheren Prozentsatz an Alkalien als andere bis jetzt untersuchte Vorkommen; beide sind manganhaltig, in welcher Beziehung wenigstens für den Apatit von Luxullian ziemliche Schwankungen chemisch nachgewiesen wurden.

[1] Vergl. Dana, The system of Mineralogy. Sixth edition, London 1894. p. 766.

Digitized by Google

3. Kristallographischer Teil.

A. Die kristallographischen Verhältnisse des Apatits vom Epprechtstein.

Meist isoliert, seltener in Gruppen unregelmäßig verwachsen finden sich die Apatitkristalle dieses Vorkommens auf Feldspat, Quarz und besonders auf Gilbertit. Sie sitzen entweder mit der einen Endfläche auf bei freier Ausbildung der anderen oder haften mit dem Prisma am Muttergestein, so daß beide Endflächen sichtbar sind.

Nach Art und Ausbildungsweise der Individuen lassen sich drei verschiedene Habitus recht gut unterscheiden:

1. der lang- oder kurzprismatische Habitus, bei welchem das Prisma erster Stellung $\{10\bar{1}0\}$ ∞P (Fig. 1) oder das Prisma zweiter Stellung a $\{1020\}$ $\infty P2$ oder endlich beide vorherrschen;

2. der nach der Basis c $\{0001\}$ $0P$ dick-, seltener dünntafelige Habitus (Fig. 2) und

3. der nur an zwei Kristallen beobachtete pyramidale Habitus mit vorherrschender Deuteropyramide s $\{11\bar{2}1\}$ $2P2$.

Die Größe der Kristalle ist eine recht verschiedene; namentlich ist das Größenverhältnis bei den Kristallen des zweiten Typus ziemlichen Schwankungen unterworfen. Neben Kristallen von 7 mm Höhe und 14 mm Breite finden sich auch solche von nur 1 mm Höhe bei einem Durchmesser von 4 mm. Die Breite des größten Exemplars dieser Gruppe beträgt 28½ mm, die Erstreckung nach der Vertikalachse 6½ mm.

Die prismatischen Individuen sind bis 18½ mm lang und 6½ mm dick, die kurzprismatischen wenig länger als breit, bei den langprismatischen übertrifft die Länge drei- bis viermal die Breite. Auch zahlreiche Kriställchen von geringen Dimensionen kommen auf den verschiedenen Stufen vor; unter ihnen fand sich der pyramidale Habitus.

Während die letzteren bisweilen farblos erscheinen, sind die übrigen Kristalle verschieden gefärbt, wobei jedoch dieselbe Stufe dieselbe Farbe zeigt. Meist sind sie grünlichgrau oder blaugrau, es kommen aber auch schmutzigweiße, gelbliche, blaßblaue, blaugrüne und schmutziggrüne — besonders

Digitized by Google

bei größeren Exemplaren — vor. Fast alle haben grüne oder blaue Zonen, die sich teils in Zwischenräumen durch den ganzen Kristall parallel der Basis lagern, teils sich auf die Kanten an der Endfläche bei dunklerem, intensiverem Farbenton beschränken. In mehreren Fällen zeigen tafelförmige Kristalle einen sechs- oder zwölfseitigen undurchsichtigen Kern von schmutzig-weißer Farbe, welcher umgeben ist von einer farblosen, vollkommen durchsichtigen, in derselben Weise kristallographisch orientierten Schicht. Jener oben bei Flußspat erwähnte eigentümlich ausgebildete Kristall ist 20 mm hoch bei einem Durchmesser von 17½ mm. Er hat eine zylindrische Form und besteht aus einem schwarzen Kern von sechsseitiger Begrenzung, umgeben von einer grünen runden Hülle, deren Oberfläche sich aus lauter kleinen prismatischen Individuen zusammensetzt und die daher ein chagriniertes Aussehen bei wenig starkem Glanz zeigt. Die frei ausgebildeten Endflächen dagegen sind vollkommen glatt und spiegeln ausgezeichnet.

Die Anzahl der durch Messung mit dem Goniometer festgestellten verschiedenen Formen beträgt 19, unter denen 4 für den Apatit neu sind. Zunächst seien in nachfolgender Tabelle die am Apatit überhaupt beboachteten Flächen — die neuen eingeschlossen — zusammengestellt. Die letzteren sind mit einem Sternchen versehen; den von Dana[1] noch nicht angegebenen Flächenarten sind Autor, Fundstelle und Publikationsort beigefügt.

No.	Buchstabe	Symbole		Anmerkungen
		Naumann	Bravais	
1	c	0P	0001	
2	m	∞P	$10\bar{1}0$	
3	a	∞P2	$11\bar{2}0$	
4	h	$\infty P\frac{3}{2}$ r	$21\bar{3}0$	
5	h,	$\infty P\frac{3}{2}$ l	$3\bar{1}\bar{2}0$	
6	k	$\infty P\frac{5}{4}$ r	$41\bar{5}0$	
7	k,	$\infty P\frac{5}{4}$ l	$5\bar{1}\bar{4}0$	[1] H. L. Bowmann, Haddam
8	l	$\infty P\frac{7}{4}$	4370[1]	Neck in Connecticut. Zeitschr.
9	W	$\infty P\frac{7}{5}$ r	5270[1]	f. Krist. 1903. **37**. 111.

[1] Vergl. Dana, a. a. O. p. 763.

Digitized by Google

No.	Buchstabe	Symbole		Anmerkungen
		Naumann	Bravais	
10	W,	$\infty P\frac{7}{6}$ l	$7\bar{2}50$ [1]	[1] H. L. Bowmann, Haddam Neck in Connecticut. Zeitschr. f. Krist. 1903. **37**. 111.
11	B	$\infty P\frac{9}{5}$	$5\bar{4}90$*	
12	K	$\infty P\frac{19}{10}$ r	$10.9.\bar{19}.0$*	
13	K,	$\infty P\frac{19}{10}$ l	$19.\bar{9}.\bar{10}.0$*	
14	P	$\frac{2}{19}P$	$2.\bar{2}.0.19$ [1]	
15	τ	$\frac{1}{6}P$	$10\bar{1}6$	
16	λ	$\frac{4}{21}P$	$4.0.\bar{4}.21$ [2]	[2] K. Busz, Gletsch am Rhonegletscher. Centralbl. f. Min. etc. 1906. p. 755.
17	F	$\frac{1}{4}P$	$10\bar{1}4$ [3]	[3] F. Zambonini, Biella. Zeitschr. f. Krist. 1905. **40**. 220.
18	Q	$\frac{2}{7}P$	$20\bar{2}7$ [1]	
19	σ	$\frac{1}{3}P$	$10\bar{1}3$	
20	ζ	$\frac{5}{12}P$	$5.0.\bar{5}.12$	
21	r	$\frac{1}{2}P$	$10\bar{1}2$	
22	η	$\frac{2}{5}P$	$30\bar{3}5$	
23	e	$\frac{7}{11}P$	$7.0.\bar{7}.11$ [4]	[4] K. Zimányi, Malmberget. Zeitschr. f. Krist. 1904. **39**. 508.
24	f	$\frac{3}{5}P$	$20\bar{2}3$ [4]	
25	β	$\frac{4}{7}P$	$50\bar{5}7$ [2]	
26	ε	$\frac{3}{4}P$	$30\bar{3}4$	
27	g	$\frac{7}{9}P$	7079 [4]	
28	δ	$\frac{4}{5}P$	$40\bar{4}5$ [2]	
29	j	$\frac{7}{8}P$	7078 [4]	
30	γ	$\frac{8}{9}P$	$80\bar{8}9$ [2]	
31	x	P	$10\bar{1}1$	
32	α	$\frac{3}{2}P$	$30\bar{3}2$	
34	y	2P	$20\bar{2}1$	
33	w	$\frac{7}{3}P$	$70\bar{7}3$	
35	O	$\frac{12}{5}P$	$12.0.\bar{12}.5$ [5]	[5] Fr. Slavík, Knappenwand in Salzburg. Abh. d. böhm. Akad. 1901. No. XVI. (Böhmisch.) Ref. Zeitschr. f. Krist. 1903. **37**. 498.
36	z	3P	$30\bar{3}1$	
37	D	$\frac{13}{4}P$	$13.0.\bar{13}.4$*	
38	π	4P	$40\bar{4}1$	
39	χ	$\frac{1}{2}P2$	$1.1.\bar{2}.12$	
40	φ	$\frac{1}{3}P2$	$11\bar{2}6$	
41	ψ	$\frac{1}{2}P2$	$11\bar{2}4$	
42	A	$\frac{2}{3}P2$	$11\bar{2}3$ [6]	[6] G. Struever, Alzo. Zeitschr. f. Krist. 1895. **24**. 316.
43	v	P2	$11\bar{2}2$	
44	b	$\frac{3}{4}P2$	$22\bar{4}3$ [7]	[7] R. H. Solly, Eastern Cornwall. Min. Magazine. 1887. **7**. 141.
45	s	2P2	$11\bar{2}1$	
46	d	4P2	$22\bar{4}1$	
47	ϱ	$5P\frac{5}{4}$	$41\bar{5}1$	
48	n	$4P\frac{4}{3}$	$31\bar{4}1$	
49	ω	$\frac{10}{3}P\frac{10}{7}$	$7.3.\bar{10}.3$	
50	μ	$3P\frac{3}{2}$	$21\bar{3}1$	
51	i	$\frac{3}{2}P\frac{3}{2}$	$12\bar{3}2$	
52	μ,	$3P\frac{3}{2}$ l	$3\bar{1}21$	[8] G. Struever, Corbassera. Ala-Tal in Piemont. Rivista di Mineralogia. Padua 1899. **22**. p. 80—88. Ref. Zeitschr. f. Krist. 1901. **34**. 285.
53	o	$2P\frac{4}{3}$ r	$31\bar{4}2$	
54	q	$7P\frac{7}{4}$ r	$43\bar{7}1$	
55	p	$\frac{5}{8}P\frac{5}{4}$	$41\bar{5}6$ [8]	
56	R	$\frac{1}{3}P\frac{7}{5}$	$52\bar{7}3$ [6]	

Digitized by Google

Von diesen 56 Formen wurden die folgenden an 17 Kristallen des Epprechtsteiner Apatits nachgewiesen.

c	{0001}	0P	x	{10$\bar{1}$1}	P
m	{10$\bar{1}$0}	∞P	y	{20$\bar{2}$1}	2P
a	{11$\bar{2}$0}	∞P2	*D	{13 . 0 . $\bar{1}$3 . 4}	$\frac{1}{4}$P
h	{21$\bar{3}$0}	∞P$\frac{3}{2}$	ψ	{11$\bar{2}$4}	$\frac{1}{2}$P2
*B	{54$\bar{9}$0}	∞P$\frac{9}{5}$	s	{11$\bar{2}$1}	2P2
*K	{10 . 9 . $\bar{1}$9 . 0}	∞P$\frac{19}{10}$ r	μ	{21$\bar{3}$1}	3P$\frac{3}{2}$
*K,	{19 . $\bar{9}$. $\bar{1}$0 . 0}	∞P$\frac{19}{10}$ l	i	{12$\bar{3}$2}	$\frac{3}{2}$P$\frac{3}{2}$
σ	{10$\bar{1}$3}	$\frac{1}{3}$P	ϱ	{41$\bar{5}$1}	5P$\frac{5}{4}$
ζ	{5 . 0 . $\bar{5}$. 12}	$\frac{5}{12}$P	o	{31$\bar{4}$2}	2P$\frac{4}{3}$ r.
r	{10$\bar{1}$2}	$\frac{1}{2}$P			

Die Basis c ist immer vorhanden. Während sie bei den tafelförmigen Kristallen vorherrschend ausgebildet ist, tritt sie bei den prismatischen zurück, nimmt jedoch auch hier — bei meist untergeordneter Entwicklung der Pyramidenflächen — noch einen größeren Anteil an der Begrenzung. Trotz des guten Glanzes erweist sie sich häufig infolge beginnender Korrosion, eingefressener Vertiefungen und namentlich bei größeren Individuen infolge von vorhandenen Rissen und Sprüngen als zu Messungen wenig geeignet oder gar unbrauchbar. Man erhält von ihr im Fernrohr oft zwei oder mehrere Signale von gleicher oder verschiedener Helligkeit. die sich teils decken, teils nebeneinander liegen oder auch vertikal verschoben sind.

Die Prismen, von denen außer dem Proto- und Deuteroprisma noch die beiden Tritoprismen h und B, sowie die vizinalen Flächen K und K, zur Beobachtung gelangten, liegen nicht immer genau in einer Zone.

Das Prisma erster Stellung von starkem Glasglanz und häufig von großer Regelmäßigkeit in Größe, Ausbildung und Auftreten seiner Flächen an demselben Kristall ist wie die Basis ebenfalls stets vorhanden. Es weist fast immer mehr oder weniger tiefe, den Prismenkanten parallele. bisweilen in der Mitte plötzlich aufhörende Streifungen auf. Hierdurch gestalten sich die Messungen häufig schwierig, wenn nicht unmöglich. Besonders war dies bei größeren Individuen der Fall, aber auch bisweilen bei solchen kleineren Individuen, die dem unbewaffneten Auge als zum Messen brauchbar erschienen. Oft sind die Signale zu einem langen,

Digitized by Google

horizontalen Bande auseinandergezogen, welches sich mitunter über einen Winkel von 5° ausdehnt, und in dem verschwommene Bilder des Signals und Beugungsspektra abwechseln.

Häufig von derselben Beschaffenheit waren die von dem ebenfalls stark glänzenden Prisma zweiter Stellung erhaltenen Signale, da auch seine Flächen mit nur wenigen Ausnahmen vertikal gestreift sind. Einige Kristalle zeigen die Eigentümlichkeit, daß das Deuteroprisma gestreift, das Protoprisma aber frei von Streifung ist. Das Größenverhältnis der Prismenflächen beider Stellungen weist bedeutende Schwankungen nicht nur an den verschiedenen Kristallen, sondern auch öfters an demselben Individuum auf; bald sind die Flächen des einen, bald die des anderen Prismas vorherrschend, bald sind sie gleichgroß. Beim prismatischen Habitus tritt gewöhnlich das Deuteroprisma bedeutend zurück, in einigen Fällen fehlt es sogar ganz.

Das Tritoprisma h wurde nur an einem Kristall von tafelförmigem Typus beobachtet. Seine zwar ebenen und glänzenden, jedoch sehr untergeordnet entwickelten Flächen liefern nur lichtschwache Bilder.

Das in der Literatur bislang noch nicht erwähnte Tritoprisma B $\{5490\}\infty P\frac{9}{5}$ wurde an einem säulenförmigen, blaugrauen Kristall von 18 mm Länge und 6 mm Durchmesser als schmale, glänzende, mit bloßem Auge leicht erkennbare Abstumpfung der Kombinationskante von m und a gefunden. Es ist von guter Oberflächenbeschaffenheit, liefert ein scharfes Signal, und seine Neigungen gegen die benachbarten Flächen entsprechen den theoretischen Winkelwerten.

An einem anderen Kristall derselben Stufe treten einmal an Stelle einer Deuteroprismafläche zwei schmale, gut sichtbare, sogen. vizinale Flächen auf, welche mit den entsprechenden Flächen von m fast den gleichen Winkel bilden, ein befriedigendes Signal liefern und für die sich die Indizes $\{10.9.\bar{1}9.0\}\ \infty P\frac{19}{10}$ aus der Berechnung ergeben. Beide Kristalle sind nach dem Prisma angewachsen; sie wurden nach der erforderlichen Abdeckung auf der Stufe selbst gemessen, saßen jedoch so, daß nicht alle vorhandenen Flächen zum Reflektieren gelangten.

Gegenüber der Basis und den Prismen treten besonders

Digitized by Google

bei dem tafelförmigen Habitus die Flächen fast aller Pyramiden bedeutend zurück, relativ am größten sind die steileren Pyramiden y und s.

Die Protopyramiden σ $\{10\bar{1}3\}$ $\frac{1}{3}$P, ζ $\{5 . 0 . 5 . 12\}$ $\frac{5}{12}$P, r $\{10\bar{1}2\}$ $\frac{1}{2}$P, x $\{10\bar{1}1\}$ P, y $\{20\bar{2}1\}$ 2P und D $\{13 . 0 . \bar{13} . 4\}$ $\frac{13}{4}$P, die abgesehen von y, meist facetten-, bisweilen linienartig ausgebildet sind, liefern wegen dieser Beschaffenheit und häufig dazu kommender Wölbung und Unebenheiten oft mangelhafte Signale. Sie treten an manchen Kristallen in sehr unregelmäßiger Weise auf; während nämlich die eine Kante von c und m nur durch die Pyramide y abgestumpft wird, erscheinen an der anderen Kante zwei, an einer weiteren Kante drei oder gar vier Pyramiden.

Fast immer weisen die Kristalle die Grundpyramide x auf. Gewöhnlich schmal, glänzend, frei von Streifung, manchmal etwas gewölbt reflektiert sie das Licht nur unvollkommen und liefert meistens keine genauen Messungen, weshalb die erhaltenen Werte nicht zur Berechnung des Achsenverhältnisses herangezogen wurden.

Mit ihr fand sich — einige wenige Fälle ausgenommen — die stumpfere Pyramide r. Ihre Flächen sind gewöhnlich noch schmäler, fast linienartig (Fig. 1 u. 2), vielfach auch drusig oder rauh und geben nur sehr schwache, häufig in die Breite gezogene oder diagonal zum Fadenkreuz gestellte Bilder.

Die Form σ, als schmale Facette die Kante von c und r abstumpfend, wurde nur an einem Kristall bemerkt, an welchem abweichend von den übrigen Beobachtungen die Grundpyramide fehlt und nicht in Gemeinschaft mit r auftritt. Ihre Bilder sind lichtschwach, jedoch erkennbar.

Ebenfalls nur an einem Kristall und da nur einmal wurde ζ als linienartige Fläche mit befriedigendem Signal beobachtet. Der gemessene Wert stimmt mit dem theoretischen ziemlich überein.

Die fast stets vorhandene, ebene und glänzende, gut, oft sehr gut spiegelnde Pyramide y tritt z. T. mit etwas breiter angelegten Flächen auf und verdrängt manchmal an der einen Kante eines Kristalls die Pyramiden x und r, welche an einer anderen wieder zum Vorschein kommen. Anderseits aber zeigt sie sich auch bei den prismatischen, wie bei den nach der

Digitized by Google

Basis tafeligen Kristallen als schmale Abstumpfungsfläche; sie gibt gleichwohl auch da infolge ihrer guten Oberflächenbeschaffenheit fast immer scharfe Signale.

Die neue Form D fand sich an einem tafelförmigen Kristall in der Zone c und m zusammen mit r, x, y als ganz schmale Fläche, die Kante von m und y abstumpfend. Alle Pyramiden sind hier von sehr untergeordneter Entwickelung und unregelmäßigem Auftreten; die Bilder von x sind in die Breite gezogen, die von y und D lichtschwach, aber deutlich erkennbar; das Bild von r ist scharf.

Die Reihe der Deuteropyramiden ist mit nur zwei Formen ψ {1124} $\frac{1}{2}$P2 und s {1121} 2P2 vertreten (Fig. 1). Von ihnen wurde die erstere nur zweimal an einem Kristall als schmale, glänzende Fläche mit gutem Signal beobachtet, während s, abgesehen von einem Falle, immer vorhanden ist. Letztere Form, gewöhnlich am größten ausgebildet, nur gelegentlich von y an Ausdehnung übertroffen, mit glänzenden, hier und da angeätzten, an manchen Kristallen in horizontaler Richtung gestreckten Flächen zeigt meist große Regelmäßigkeit im Auftreten und in der Ausdehnung. Sie liefert fast durchweg gute Signale, die sich bei kleineren Individuen durch besondere Schärfe auszeichnen.

Neben den erwähnten Pyramiden erster und zweiter Stellung finden wir auch noch mehrere Pyramiden dritter Art. von denen μ {2131} 3P$\frac{3}{2}$ öfters, die übrigen i {1232} $\frac{3}{2}$P$\frac{3}{2}$. ϱ {4151} 5P$\frac{5}{4}$, o {3142} 2P$\frac{4}{3}$ r nur vereinzelt nachgewiesen werden konnten.

Die erstere Tritopyramide μ zeigt sich als ebene glänzende Abstumpfungsfläche der Kombinationskante m und s (Fig. 2). Ihre Bilder sind gut, im allgemeinen jedoch weniger hell.

An einem dicktafeligen Kristall, an welchem auch das Tritoprisma h auftritt, wird sie an einer Kante ersetzt durch eine schmale Fläche der Form i, die nur ein lichtschwaches Signal gibt.

Die beiden anderen Tritopyramiden ϱ und o kommen an einem tafelförmigen Kristalle vor; erstere gestattete zwei Messungen, letztere nur eine. Infolge ihrer winzigen Ausbildung geben sie äußerst lichtschwache, kaum erkennbare Spiegelbilder.

Digitized by Google

Wie bereits bei der Beschreibung der einzelnen Formen erwähnt wurde, gestalteten sich die Messungsverhältnisse der Winkel mitunter nicht günstig.

Die Werte der von den Prismen gebildeten Winkel bewegen sich — mit Ausschluß der durch die Unebenheiten der Flächen hervorgerufenen schlechteren Messungen — zwischen 59° 55′ und 60° 4′, bezw. 29° 56′ und 30° 4′. Die Neigung der Basis zu den Flächen der Prismenzone differiert kaum oder höchstens um wenige Minuten von 90°, und die Neigung der beiden Endflächen gegeneinander schwankt zwischen 179° 56′ und 180° 4′.

Die besten Reflexe geben y und s. Aber trotz der vorzüglichen Spiegelung dieser Flächen finden wir die auffallende Tatsache, daß die analogen Winkel nicht nur an verschiedenen Kristallen, sondern sehr häufig an demselben Individuum bedeutende Schwankungen in ihren Werten aufweisen. So differieren die besten Messungen von c/y um 14′ (59° 19′—59° 33′), an einzelnen Kristallen um 12′.

Ein prismatisches, mit der einen Endfläche aufgewachsenes, im oberen Teile durchsichtiges, im unteren trübes und undurchsichtiges Kriställchen gab bei sehr scharfen Reflexen folgende Messungen für c/s: 55° 38½, 55° 40½, 55° 43′, 55° 44′, 55° 55′, 55° 55½. Die größte Differenz beträgt also 17′. An anderen Kristallen — vornehmlich desselben Habitus, bei dem y und s eine breitere Ausbildung zeigen — betragen die Differenzen 9—16′, und der Winkelwert geht sogar bis auf 55° 32′ herab. Derartige Abweichungen können nicht bloß aus Beobachtungsfehlern und der eventuellen Ungenauigkeit des Instrumentes hergeleitet werden, sondern müssen ihre Ursache im Apatit selbst haben. Auch bei dem Vorkommen von Luxullian haben sich solche — wenn auch geringere — Schwankungen der Winkelwerte konstatieren lassen. Indessen stehen die beiden Vorkommen in dieser Hinsicht nicht allein da; bei vielen anderen Apatiten sind ähnliche Beobachtungen gemacht worden. v. Kokscharow[1] stellte an einem Apatitkristall von Kirabinsk (Ural) durch Messungen folgende Werte fest:

[1] Vergl. N. v. Kokscharow, Materialien zur Mineralogie Rußlands. St. Petersburg 1866. Bd. V. Sechster Anhang zum Apatit. p. 86 ff.

Digitized by Google

$$s : s = (11\bar{2}1) : (2\bar{1}\bar{1}1) = 48°\,41'\,40'' - 48°\,47'\,30''$$
$$s : x = (11\bar{2}1) : (10\bar{1}1) = 26\ 47\ 50 - 26\ 52\ 30$$
$$c : r = (0001) : (10\bar{1}2) = 22\ 47\ 10 - 22\ 54\ 40$$

Wir haben hier also bei den Winkeln zwischen Basis und stumpferen Pyramide eine Differenz bis zu $7\frac{1}{2}'$. A. KARNOJITZKY[1] erhielt an einem Kristall vom Berge Blagodat sechs verschiedene Werte für die Pyramiden und damit für die c-Achse. Er berechnete

c = 0,720625
0,728399
0,730277
0,730549
0,732856
0,739006,

was einen Maximalunterschied von 0,018381 für das Achsenverhältnis bedeutet, und woraus sich für den Winkel c/s eine Schwankung von 1° 17′ 34″ ergibt.

K. ZIMÁNYI[2] erhielt an dem grünen Apatit von Malmberget Differenzen von 9—12′ für die analogen Winkel. Auch für den gelben Apatit von Jumilla finden wir von verschiedenen Forschern verschiedene Werte für dieselben Winkel angegeben.

Es ist bedeutsam, daß die Winkelunterschiede, soviel wir sehen können, nur an chlorhaltigen Apatiten in so auffälliger Weise zutage treten. So enthält der Apatit vom Berge Blagodat 0,24 % Cl, der von KIRABINSK[3] nach der vorhandenen Angabe Spuren von Chlor, der von Jumilla[4] 0,557 %, der von Malmberget[5] 0,5 %, der vom Epprechtstein 0,04 %, der von Luxullian 0,13 % bezw. 0,06 % Chlor.

Da nach der von PUSYREWSKY und von v. KOKSCHAROW[6]

---

[1] Vergl. A. KARNOJITZKY, Über die Apatite des Berges Blagodat. Verh. d. russ. kais. min. Ges. 1894. 31. 391; ref. dies. Jahrb. 1896. II. -84-.

[2] Vergl. K. ZIMÁNYI, Über den grünen Apatit von Malmberget in Schweden. Zeitschr. f. Krist. 1904. 39. p. 508.

[3] Vergl. N. v. KOKSCHAROW, Materialien zur Mineralogie Rußlands. St. Petersburg. 1866. 5. 86.

[4] Vergl. N. v. KOKSCHAROW, ibidem.

[5] K. ZIMÁNYI, a. a. O. p. 510.

[6] Vergl. N. v. KOKSCHAROW, Materialien zur Mineralogie Rußlands. St. Petersburg 1853. 2. 77.

Digitized by Google

aufgestellten und von BAUMHAUER[1] bestätigten Theorie der Winkel c/x beim Apatit mit steigendem Prozentsatz des Chlors abnimmt, so ist vielleicht anzunehmen, daß die Verschiedenheit des Chlorgehaltes in Kristallen desselben Fundortes bezw. in verschiedenen Teilen desselben Individuums die Ursache jener auffälligen Abweichungen in den analogen Winkelwerten ist.

Die Analysen des Apatits von Cornwall haben zwar nur geringe Schwankungen im Chlorgehalt ergeben. Bedeutende Unterschiede jedoch erhielt J. A. VOELCKER[2] an verschiedenen nicht weiter als 2 cm voneinander entfernten Teilen eines Kristalls. Er fand beispielsweise an einem Exemplar: 1. Teil 1,57, 2. Teil 0,99; an einem anderen Kristall: 1. Teil 1,44, 2. Teil 1,38, 3. Teil 2,68 % Cl, mithin eine Differenz von mehr als 1 % an demselben Individuum.

Zur Ermittlung des Achsenverhältnisses wurden die besten Messungen von c/y und c/s benutzt.

Der durchschnittliche Wert des Winkels c/y aus 16 Messungen (Grenzwerte 59° 20—59° 33) ist 59° 27′ 26″, derjenige von c/s aus 17 Messungen (Grenzwerte 55° 38½—55° 55½) 55° 43′ 44″; aus welchen die Achsenlänge

$$c = 0{,}73385 \text{ bezw. } 0{,}73376$$

folgt. Der Unterschied der Achsenlänge für die beiden Pyramiden ist also trotz der großen Schwankungen der Winkel sehr gering. Nehmen wir aus den beiden gefundenen Werten das Mittel, so ergibt sich das Achsenverhältnis:

$$a : c = 1 : 0{,}73381.$$

Die nachstehende Tabelle enthält die beobachteten und die nach dem durchschnittlichen Achsenverhältnisse berechneten Winkel; Kr. bezieht sich auf die Anzahl der gemessenen Kristalle, M. auf diejenige der Messungen.

---

[1] Vergl. H. BAUMHAUER, Über die Winkelverhältnisse des Apatits von verschiedenen Fundorten. Zeitschr. f. Krist. 1891. 18. 31.

[2] Vergl. J. A. VOELCKER, Die chemische Zusammensetzung des Apatits, erschlossen aus zahlreichen eigenen vollständigen Analysen und ausgedrückt durch eine abgeänderte Apatitformel. Dissertation. Gießen 1883. p. 18.

Digitized by Google

Buchstabe	Naumann	Bravais	Gemessen	Grenzwerte	Kr.	M.	Berechnet
m : m′	∞P : ∞P′	{10$\bar{1}$0} : {01$\bar{1}$0}	59° 59′ 50″	59° 51′ 10″—60° 6′	3	6	60° 0′ 0″
m : a	∞P : ∞P2	{10$\bar{1}$0} : {11$\bar{2}$0}	30 59 44	29 52 15 —30 5	6	24	30 0 0
m : h	∞P : ∞P$\frac{2}{3}$	{10$\bar{1}$0} : {21$\bar{3}$0}	19 11	19 6 —19 16	1	2	19 6
m : B	∞P : ∞P$\frac{2}{5}$	{10$\bar{1}$0} : {54$\bar{9}$0}	26 14 30	—	1	1	26 19 46
m : K	∞P : ∞P$\frac{18}{19}$	{10$\bar{1}$0} : {10 . 9 . $\bar{19}$. 0}	26 28	28 22 —28 34	1	2	28 15 34
m : r	∞P : $\frac{1}{2}$P	{10$\bar{1}$0} : {10$\bar{1}$2}	67 0 15	66 50 —67 6	3	8	67 2 20
m : x	∞P : P	{10$\bar{1}$0} : {10$\bar{1}$1}	49 43 30	49 36 —49 45	4	9	49 43 28
m : x′	∞P : P′	{10$\bar{1}$0} : {01$\bar{1}$1}	71 6 40	70 56 —71 12	3	3	71 8 28
m : y	∞P : 2P	{10$\bar{1}$0} : {20$\bar{2}$1}	30 32	30 24 —30 37	6	13	30 32 38
m : y′	∞P : 2P′	{10$\bar{1}$0} : {02$\bar{2}$1}	64 28 50	64 24 —64 35	5	12	64 29 34
m : s	∞P : 2P2	{10$\bar{1}$0} : {11$\bar{2}$1}	44 18 10	44 10 —44 25	5	12	44 18
m : μ	∞P : 3P$\frac{3}{2}$	{10$\bar{1}$0} : {21$\bar{3}$1}	30 23	30 18 —30 27	3	6	30 21
m : i	∞P : $\frac{4}{3}$P$\frac{3}{2}$	{10$\bar{1}$0} : {12$\bar{3}$2}	55 33	—	1	1	55 39 6,5
m : ϱ	∞P : 5P$\frac{5}{4}$	{10$\bar{1}$0} : {41$\bar{5}$1}	18 1	—	1	1	18 2 10
a : a′	∞P2 : ∞P2′	{11$\bar{2}$0} : {2$\bar{1}$10}	59 59	59 50 —60 7	3	6	60
a : h	∞P2 : ∞P$\frac{2}{3}$	{11$\bar{2}$0} : {21$\bar{3}$0}	10 54	10 49 —10 59	1	2	10 54
a : B	∞P2 : ∞P$\frac{2}{5}$	{11$\bar{2}$0} : {54$\bar{9}$0}	3 24	—	1	1	3 40 14
a : s	∞P2 : 2P2	{11$\bar{2}$0} : {11$\bar{2}$1}	34 18	34 9 —34 32	5	15	34 16 10
a : μ	∞P2 : 3P$\frac{3}{2}$	{11$\bar{2}$0} : {21$\bar{3}$1}	26 17	26 13 —26 21	2	3	26 15 12
c : c,	0P : 0P,	{0001} : {000$\bar{1}$}	179 59 30	179 56 —180 4	4	4	180
c : m	0P : ∞P	{0001} : {10$\bar{1}$0}	89 59	89 56 —90 3	8	27	90
c : a	0P : ∞P2	{0001} : {11$\bar{2}$0}	89 59	89 55 30 —90 4	5	12	90

Digitized by Google

Buchstabe	Naumann	Bravais	Gemessen	Grenzwerte	Kr.	M.	Berechnet
c : h	0P : $\infty P\frac{3}{2}$	{0001} : {2130}	90° 0′ 15″	89°58′ 00″—90° 2′ 30″	2	2	90° 0′ 0″
c : σ	0P : $\frac{1}{3}$P	{0001} : {1013}	15 40	—	1	1	15 46 20
c : ζ	0P : $\frac{5}{12}$P	{0001} : {5.0.5.12}	19 30	—	1	1	19 26 46
c : r	0P : $\frac{1}{2}$P	{0001} : {10$\bar{1}$2}	22 56 30	22 42 —23 2 30	6	14	22 57 40
c : x	0P : P	{0001} : {10$\bar{1}$1}	40 16	40 7 —40 25	7	12	40 16 32
c : y	0P : 2P	{0001} : {20$\bar{2}$1}	59 27	59 17 —59 34	8	24	59 27 22
c : D	0P : $\frac{13}{4}$P	{0001} : {13.0.$\bar{1}$3.4}	70 12	—	1	1	70 2 33
c : ψ	0P : $\frac{1}{2}$P2	{0001} : {11$\bar{2}$4}	20 5 45	20 1 30 —20 10	1	2	20 8 54,5
c : s	0P : 2P2	{0001} : {11$\bar{2}$1}	55 43 46	55 32 —55 57	8	27	55 43 50
c : μ	0P : $3P\frac{3}{2}$	{0001} : {21$\bar{3}$1}	65 58	65 53 —66 2	3	5	65 57 37
c : i	0P : $\frac{3}{2}P\frac{3}{2}$	{0001} : {12$\bar{3}$2}	48 8	—	1	1	48 16 8
c : ϱ	0P : $5P\frac{5}{4}$	{0001} : {41$\bar{5}$1}	75 25	75 20 —75 30	1	2	75 32 41
c : o	0P : $2P\frac{4}{3}$ r	{0001} : {31$\bar{4}$2}	56 53 30	—	1	1	56 46 50
r : x	$\frac{1}{2}$P : P	{10$\bar{1}$2} : {10$\bar{1}$1}	17 18	17 12 —17 25	6	4	17 18 52
x : x′	P : P′	{10$\bar{1}$1} : {01$\bar{1}$1}	37 44 30	37 40 —37 59	3	4	37 43 5
x : y	P : 2P	{10$\bar{1}$1} : {20$\bar{2}$1}	19 10	19 6 —19 15	3	5	19 10 50
x : s	P : 2P2	{10$\bar{1}$1} : {11$\bar{2}$1}	26 48	26 46 —26 51	2	3	26 50 20
y : y′	2P : 2P′	{20$\bar{2}$1} : {02$\bar{2}$1}	51 1 30	50 56 —51 6	3	6	51 0 48
y : s	2P : 2P2	{20$\bar{2}$1} : {11$\bar{2}$1}	25 30	25 24 —25 34	5	12	25 30 33
s : s′	2P2 : 2P2′	{11$\bar{2}$1} : {$\bar{1}$2$\bar{1}$1}	48 49 30	48 41 —48 56	4	8	48 48 51
s : s	2P2 : 2P2	{11$\bar{2}$1} : {11$\bar{2}$1}	68 31	68 26 —68 34	2	3	68 32 20

Digitized by Google

Die oben mitgeteilten einfachen Formen treten zu folgenden Kombinationen zusammen:

1. c m a
2. c m a s
3. c m a B s
4. c m a K K, s
5. c m y s
6. c m a y s
7. c m r x y s
8. c m a ζ r x y s
9. c m r x y ψ s (Fig. 1)
10. c m a r x y D s
11. c m a r x s μ (Fig. 2)
12. c m a σ r y s μ
13. c m a r x y s ϱ o
14. c m a h r x y s μ i

Die Kombinationen No. 5 und 6 wurden mehrere Male beobachtet.

B. Die kristallographischen Verhältnisse des Apatits von Luxullian.

Der Apatit von Luxullian weist in kristallographischer Beziehung große Übereinstimmung mit dem vom Epprechtstein auf. Er findet sich — abgesehen von einer Stufe, auf welcher wir ihn mit Kalkspat antreffen — auf denselben Mineralien und in derselben Weise aufgewachsen. Neben jenen drei genannten Typen, von denen der zweite, der nach der Basis tafelförmige, der häufigere ist, zeigt sich noch eine vierte Ausbildungsweise, welche als prismatisch-pyramidale bezeichnet werden kann (Fig. 3); diese Form wurde an einem mit dem Goniometer gemessenen Kriställchen gefunden. Auch fast nadelförmige Individuen wurden auf einer Stufe bemerkt.

Das Größenverhältnis der Kristalle ist auch bei diesem Vorkommen ziemlichen Schwankungen unterworfen. So sind Individuen des tafelförmigen Habitus von 6½ mm Höhe und 8½ mm Breite vorhanden; ihnen stehen solche von 1½ mm Höhe bei einer Breite von 11 mm gegenüber. Die durchschnittlichen Abmessungen sind 6 mm Höhe und 13 mm Breite. Der größte Kristall ist 25 mm breit und 15 mm hoch. Die Länge der kurz-, selten langsäulenförmigen Exemplare variiert zwischen

Digitized by Google

1½ mm und 10 mm, der Durchmesser zwischen ¾ mm und 7½ mm. Ein prismatischer Kristall von vortrefflicher Ausbildung und Schönheit weist eine Länge von 13½ mm und eine Breite von 9½ mm auf. Ein langsäulenförmiges Kriställchen ist ¾ mm breit und 7 mm lang. Pyramidale Kristalle werden bis zu 4 mm hoch und 7 mm breit.

Bezüglich der Farbe herrscht eine gewisse Mannigfaltigkeit. Blaßbläuliche, schwachblaugrüne, lichtspargelgrüne, spargelgrüne, gelblichgrüne, blaßgrünliche, rosarote, auch ausgesprochen gelbe, sowie farblose Kristalle wurden auf den verschiedenen Stufen beobachtet. Fast alle weisen zonare Einlagerungen von blauer, blaugrüner oder grüner Färbung und von der gleichen Verteilung und Intensität wie der Epprechtsteiner Apatit auf. Die in den Spaltenausfüllungen sich findenden Kristalle zeigen meist zwei verschiedene Farben, schwachblau und gelb. Nach der sehr scharfen, parallel der Basis verlaufenden Grenze der Färbung läßt sich der Kristall mit Leichtigkeit zerlegen. Derartige Exemplare wurden zur chemischen Analyse verwendet und bereits im zweiten Teile unserer Untersuchung (p. 594) erwähnt. Auch die auf dem Epprechtstein beobachteten Kernkristalle mit schmutzigweißem, undurchsichtigem Innern und farbloser Hülle finden sich. Letztere ist mitunter blaßblau und geht in einen zuerst rosa gefärbten, dann gelben Kern über, der in derselben Weise kristallographisch begrenzt ist wie die äußere Schicht. Fast alle Individuen sind durchsichtig oder durchscheinend; undurchsichtig sind nur die gelben und schmutzigweiß gefärbten. Der Glanz der Kristalle ist ausnahmslos ein vorzüglicher; die Kanten aller Formen sind scharf ausgebildet; die Flächen, häufig regelmäßig auftretend und gleich groß am selben Kristalle entwickelt, zeigen eine ebene, glatte Beschaffenheit. Eine Ausnahme hiervon machen nur zuweilen die Prismen, die im allgemeinen weniger häufig als beim Epprechtsteiner Vorkommen vertikal gestreift sind, außerdem größere Flächen, die gelegentlich mit Ätzeindrücken versehen oder mit einer gelblichen Substanz überzogen sind.

Die im Fernrohr erhaltenen Signale sind — von einigen Fällen abgesehen — gut, z. T. sogar sehr gut.

Die an 18 Kristallen beobachteten Einzelformen, im

Digitized by Google

wesentlichen dieselben, die wir schon früher kennen gelernt haben, sind die folgenden:

No.	Buchstabe	Symbole	
		Naumann	Bravais
1	c	0P	0001
2	m	∞P	$10\bar{1}0$
3	a	∞P2	$11\bar{2}0$
4	h	$\infty P\frac{3}{2}$	$21\bar{3}0$
5	l	$\infty P\frac{7}{4}$	$43\bar{7}0$
6	K,	$\infty P\frac{9}{10}$ l	$19.\bar{9}.\bar{10}.0$
7	r	$\frac{1}{2}$P	$10\bar{1}2$
8	x	P	$10\bar{1}1$
9	y	2P	$20\bar{2}1$
10	z	3P	$30\bar{3}1$
11	π	4P	$40\bar{4}1$
12	χ	$\frac{1}{6}$P2	$1.1.\bar{2}.12$
13	ψ	$\frac{1}{2}$P2	$11\bar{2}4$
14	v	P2	$11\bar{2}2$
15	s	2P2	$11\bar{2}1$
16	n	$4P\frac{4}{3}$	$31\bar{4}1$
17	μ	$3P\frac{3}{2}$ r	$21\bar{3}1$
18	μ_1	$3P\frac{3}{2}$ l	$3\bar{1}21$

Die an allen Kristallen vorhandene, häufig an beiden Enden sichtbare Basis c zeigt bei den verschiedenen Typen dieselbe Größe der Ausbildung in bezug auf die übrigen Begrenzungsflächen wie am Epprechtsteiner Apatit; hinzuzufügen wäre nur ihr ganz bedeutendes Zurücktreten bei dem prismatisch-pyramidalen Kristall. Ihre Oberflächenbeschaffenheit ist fast durchweg eine gute; bei einem Individuum wurde eine Streifung parallel ihrer Kombinationskante mit r bemerkt. Die erhaltenen Signale sind meist einheitlich und scharf.

In der Prismenzone wurden fünf verschiedene Flächen konstatiert:

m $\{10\bar{1}0\}$ ∞P, a $\{11\bar{2}0\}$ ∞P2, h $\{21\bar{3}0\}$ $\infty P\frac{3}{2}$, l $\{43\bar{7}0\}$ $\infty P\frac{7}{4}$,
K, $\{19.\bar{9}.\bar{10}.0\}$ $\infty P\frac{9}{10}$ l.

Sie zeigen dasselbe Größenverhältnis, dieselbe Anteilnahme an der Begrenzung und in bezug auf ihre Lage im Zonenverbande dieselbe Erscheinung wie am Epprechtsteiner Apatit.

Digitized by Google

Beim ebenfalls stets vorhandenen, weniger häufig gerieften oder korrodierten, oft spiegelglatten und bisweilen noch intensiver glänzenden Protoprisma m sind die Bilder im Goniometer durchschnittlich gut; die bänderartigen Signale sind nur bei wenigen Kristallen zu sehen.

Dieselben Eigenschaften zeigt das Deuteroprisma a. Nur an zwei gemessenen Kristallen nicht nachweisbar, findet es sich bei prismatischen und tafelförmigen Kristallen bisweilen als schmale Abstumpfungsfläche der Kanten des Prismas erster Stellung.

Das Tritoprisma h von sehr schmaler Ausbildung wurde nur zweimal mit schlechten Signalen wahrgenommen.

Das erstmalig von Bowmann am Apatit von Haddam in Connecticut[1] beobachtete Tritoprisma l wurde an einem Kristalle gemessen. Es zeigt größere Ausdehnung als die benachbarten Prismenflächen und fällt beim Betrachten im Fernrohre bei vorgesteckter Lupe durch seinen außerordentlich starken Glanz auf, der denjenigen der übrigen Flächen bei weitem übertrifft. Seine Oberfläche ist spiegelglatt und das reflektierte Bild von vorzüglicher Helligkeit und Schärfe.

Auch die bei dem Epprechtsteiner Apatit beobachtete vizinale Fläche K, fand sich an einem dicktafeligen, nach dem Prisma angewachsenen Kristall. Die gemessenen Flächen der Prismenzone dieses Kristalls waren: m, a, m, a, m, K,, a, h; m, a, m, a. h ist sehr schmal und liefert ein kaum erkennbares Bild. K, ist breit, von gleicher Ausdehnung wie a (Fig. 4), glänzend, eben und liefert ein helles Signal. Bei vorgesteckter Lupe ist die Kante von a und K, deutlich zu sehen. Bei der Einstellung auf die Zone c/a erscheint auch die vizinale Fläche mit einem vertikal und etwas horizontal verschobenen Bilde.

Von den Pyramiden erster Stellung wurden die folgenden durch Messung ermittelt:

r, x, y, z, n.

Auch hier sind sie meist untergeordnet und treten in verschiedener Größe, Gestalt und in unregelmäßiger Verteilung auf. An demselben Kristall ist jedoch ihre Ausbildung häufig

[1] Vergl. H. L. Bowmann, Über das Mineralvorkommen von Haddam Neck in Connecticut. Zeitschr. f. Krist. 1903. **37**. 111.

Digitized by Google

sehr gleichmäßig, so daß ihre Zusammengehörigkeit leicht erkannt werden kann; bisweilen aber zeigen sie auch nur einen Teil ihrer Flächen.

Die fast immer auftretende Grundpyramide x ist meist schmal ausgebildet, mitunter dreieckig, und übertrifft manchmal die steilere Form y an Größe (Fig. 5). Ihre Oberflächenbeschaffenheit und die von ihr reflektierten Bilder sind häufig besser als beim Epprechtsteiner Vorkommen; eine Anzahl Messungen, die als sehr gut zu bezeichnen sind, wurden zur Berechnung des Achsenverhältnisses herangezogen, die Werte derselben schwanken zwischen $40^0\,12'$ und $40^0\,19'$.

Die mit x fast ausnahmslos auftretende stumpfere Form r zeigt im allgemeinen noch schmälere Entwicklung wie jene und reflektiert wegen dieser Ausbildung und der manchmal noch vorhandenen Wölbung und rauhen Oberflächenbeschaffenheit nur in einzelnen Fällen befriedigend; die Signalbilder sind ebenso wie beim Epprechtsteiner Apatit in die Breite gezogen oder haben eine diagonale Stellung zum Fadenkreuz.

Am häufigsten von den Protopyramiden findet sich die Form y. Gegenüber den Prismen und der Basis tritt auch sie zwar untergeordnet auf, übertrifft aber die anderen Pyramiden der ersten Reihe meist an Ausdehnung. Sie ist glänzend, eben, frei von Streifungen und liefert recht gute Messungen, deren Unterschiede sich in engeren Grenzen als die unter A genannten bewegen.

Die steilere Pyramide z wurde durch Messung an vier Kristallen festgestellt. Ihr Auftreten ist unregelmäßig, ihre Größe verschieden; bisweilen hat sie größere Flächenausdehnung als alle anderen Pyramiden, bisweilen geringere. Mit y fand sie sich auf einer Prismenfläche eines gelben, am oberen Ende bläulich gefärbten Kristalls von 12 mm Breite und 10 mm Höhe. Nach der erforderlichen Abblendung wurde die Neigung der beiden Formen zum Prisma gemessen. Immer von glatter, gut spiegelnder Oberfläche liefert sie Signale, die an Schärfe nichts zu wünschen übrig lassen.

Die Form π ist sehr untergeordnet entwickelt und wurde nur einmal mit x an einem pyramidalen Kristall mit lichtschwachem Signal bemerkt. Der beobachtete und der berechnete Winkelwert stimmen ziemlich überein.

Digitized by Google

Von den Pyramiden der zweiten Stellung wurden neben der fast immer auftretenden Form s noch die Formen χ, ψ, v, jedoch nur selten, beobachtet.

χ fand sich bei einem Kristall als kleine glänzende Fläche auf der Basis; die Kante, welche sie mit der Endfläche bildete, verlief parallel den Kombinationskanten c/s und s/a. Bei einem anderen Kristall erscheint sie als schmale Abstumpfung der Kante c/s.

ψ wurde nur einmal beobachtet als schmale Facette (Fig. 5) mit lichtschwachem Signal.

Die Grundpyramide der zweiten Reihe v stumpft als sehr schmale Fläche die Kanten c/s bei einem pyramidalen Kristall ab. Sie ist eben und glänzend, das von ihr reflektierte Bild gut.

Die Flächen der Deuteropyramide s sind bei dem prismatischen (Fig. 6) und tafelförmigen Habitus von allen Pyramiden — mit der bereits erwähnten Ausnahme (p. 614) — am größten ausgebildet, bei dem Kristall von prismatisch-pyramidaler Ausbildungsweise kommen nur die Flächen von y ihnen an Ausdehnung gleich; bei dem pyramidalen Typus ist sie vorherrschend und zeigt eine Streckung in vertikaler und besonders in horizontaler Richtung. Fast immer ist ihre Oberfläche eben und von gutem Glanze, nur in seltenen Fällen findet sich eine Streifung parallel der Kombinationskante m/s. Bei mehreren Messungen wurde bemerkt, daß s nicht exakt in der Zone c, s, a liegt. Die Signale sind fast stets gut bis sehr gut. Dennoch differieren auch hier die Winkelwerte beträchtlich, mitunter an demselben Kristall. Die Maximaldifferenz für alle guten Messungen betrug 15′, diejenige für einen Kristall 12′.

Ziemlich häufig an allen Kristalltypen findet sich die Tritopyramide μ, bisweilen in richtiger hemiedrischer Verteilung, die Kante von m und s abwechselnd abstumpfend. Gewöhnlich ist sie schmal, nur gelegentlich etwas breiter angelegt, eben und glänzend mit guten Signalbildern. In keinem Falle ist das gleichzeitige Auftreten des entsprechenden Tritoprismas bemerkt worden. μ, (Fig. 3) fand sich einmal an dem prismatisch-pyramidalen Kristall als kleine glänzende Fläche, die ein deutliches Signal gab.

Die Form i wurde nicht beobachtet.

Digitized by Google

n wurde an einem Kristall gefunden, an welchem das Tritoprisma l auftrat. Infolge ihrer kleinen Ausbildung reflektierte sie trotz lebhaften Glanzes das Bild nicht, weshalb ihre Bestimmung nur auf den intensivsten Schimmer bei vorgeschobener Lupe am Beobachtungsfernrohr vorgenommen werden konnte. Durch ihre Neigung zur Basis und ihre Lage in der Zone m s x' r wurde sie als sicher ermittelt.

Das Achsenverhältnis für den Apatit von Luxullian berechnete ich aus den besten Messungen, welche die Basis mit x, y und s lieferte. Die durchschnittlichen Winkelwerte betrugen:

für c : x	aus 12	Messungen	40° 15' 49"
„ c : y	„ 18	„	59 26 42
„ c : s	„ 22	„	55 43 29

aus ihnen ergaben sich die Achsenverhältnisse:

a : c =	1 : 0,73350
bezw.	0,73355
„	0,73365
im Mittel	0,73357

Dieser Wert weicht von dem für das Achsenverhältnis des Epprechtsteiner Apatits berechneten nur wenig ab. Daß der für c etwas geringer ist als dort, war nach der Theorie von Pusyrewsky und v. Kokscharow auf Grund der bei der Analyse gefundenen Unterschiede im Chlorgehalt zu vermuten.

In der nebenstehenden Tabelle (p. 617 f.) sind die gemessenen und die für dieses Achsenverhältnis a : c = 1 : 0,73357 berechneten Winkel zusammengestellt; Kr. = Anzahl der gemessenen Kristalle, M. = Anzahl der Messungen.

Die am Apatit von Luxullian beobachteten Kombinationen sind die folgenden:

1. c m s
2. c m a s
3. c m a h K, s (Fig. 4)
4. c m a y s
5. c m a x y s (Fig. 6)
6. c m a x π s
7. c m r x y z
8. c m a x y z s
9. c m a r x y s
10. c m a r x y μ s
11. c m a r x y s ψ μ (Fig. 5)
12. c m a l x y s n
13. c m a r x y z s μ
14. c m a r x y s μ μ, (Fig. 3)
15. c m a r x y z χ s
16. c m a r x y v s μ

Von diesen Kombinationen wurde die Kombination No. 2 (c m a s) dreimal gemessen.

Digitized by Google

Buchstabe	Naumann	Bravais	Gemessen	Grenzwerte	Kr.	M.	Berechnet
m : m′	∞P : ∞P′	{10$\bar{1}$0} : {01$\bar{1}$0}	60° 0′ 0″	59°54′ 0″—60° 3′ 0″	3	7	60° 0′ 0″
m : a	∞P : ∞P2	{10$\bar{1}$0} : {11$\bar{2}$0}	30 0 30	29 53 —30 4	7	32	30
m : h	∞P : ∞P$\frac{3}{2}$	{10$\bar{1}$0} : {21$\bar{3}$0}	19 10	19 0 —19 20	2	2	19 6
m : l	∞P : ∞P$\frac{7}{4}$	{10$\bar{1}$0} : {43$\bar{7}$0}	25 26 30	—	1	1	25 17 6
m : K,	∞P : ∞P$\frac{10}{10}$1	{10$\bar{1}$0} : {19 . $\bar{9}$. $\bar{10}$. 0}	28 30	—	1	1	28 15 34
m : r	∞P : $\frac{1}{2}$P	{10$\bar{1}$0} : {10$\bar{1}$2}	67 0 30	66 52 —67 4	4	8	67 2 45
m : x	∞P : P	{10$\bar{1}$0} : {10$\bar{1}$1}	49 44	49 40 —49 46	5	12	49 44 3
m : y	∞P : 2P	{10$\bar{1}$0} : {20$\bar{2}$1}	30 33 30	30 30 —30 38	7	14	30 33 10
m : y′	∞P : 2P′	{10$\bar{1}$0} : {02$\bar{2}$1}	64 29 30	64 24 —64 35	3	8	64 29 42
m : z	∞P : 3P	{10$\bar{1}$0} : {30$\bar{3}$1}	21 28 30	21 20 30 —21 32	2	3	21 28 50
m : s	∞P : 2P2	{10$\bar{1}$0} : {11$\bar{2}$1}	44 19	44 12 —44 25	5	10	44 18 27
m : n	∞P : 4P$\frac{4}{3}$	{10$\bar{1}$0} : {31$\bar{4}$1}	23	—	1	1	22 41 52
m : μ	∞P : 3P$\frac{3}{2}$	{10$\bar{1}$0} : {21$\bar{3}$1}	30 22	30 15 —30 28	4	10	30 21 22
a : a′	∞P2 : ∞P2′	{11$\bar{2}$0} : {2$\bar{1}\bar{1}$0}	60 0 30	59 57 —60 3	2	6	60
a : h	∞P2 : ∞P$\frac{3}{2}$	{11$\bar{2}$0} : {21$\bar{3}$0}	10 50	10 41 —10 55	2	3	10 54
a : l	∞P2 : ∞P$\frac{7}{4}$	{11$\bar{2}$0} : {43$\bar{7}$0}	4 35 30	—	1	1	4 42 54
a : K,	∞P2 : ∞P$\frac{10}{10}$1	{11$\bar{2}$0} : {19 . $\bar{9}$. $\bar{10}$. 0}	1 50	—	1	1	1 44 26
a : s	∞P2 : 2P2	{11$\bar{2}$0} : {11$\bar{2}$1}	34 16 30	34 10 —34 29	11	36	34 16 43,5
a : v	∞P2 : P2	{11$\bar{2}$0} : {11$\bar{2}$2}	53 44 45	53 44 —53 45 30	1	2	53 44 17,7
a : ψ	∞P2 : $\frac{1}{2}$P2	{11$\bar{2}$0} : {11$\bar{2}$4}	69 47	—	1	1	69 51 28,5
a : μ	∞P2 : 3P$\frac{3}{2}$	{11$\bar{2}$0} : {21$\bar{3}$1}	26 16	26 12 —26 20	2	6	26 15 54,8
c : c,	0P : 0P,	{0001} : {000$\bar{1}$}	179 59 30	179 55 —180 3	6	6	180

Digitized by Google

Buchstabe	Naumann	Bravais	Gemessen	Grenzwerte	Kr.	M.	Berechnet
c : m	0P : ∞P	{0001} : {10$\bar{1}$0}	89°59′ 0″	89°56′ 0″—90° 4′ 0″	9	27	90° 0′ 0″
c : a	0P : ∞P2	{0001} : {11$\bar{2}$0}	90 0 30	89 56 30 —90 4	8	24	90
c : r	0P : $\frac{1}{2}$P	{0001} : {10$\bar{1}$2}	22 56 30	22 40 —23 4	7	20	22 57 15
c : x	0P : P	{0001} : {10$\bar{1}$1}	40 15 30	40 6 —40 28	12	31	40 15 57
c : y	0P : 2P	{0001} : {20$\bar{2}$1}	59 26 30	59 20 —59 31	11	30	59 26 50
c : z	0P : 3P	{0001} : {30$\bar{3}$1}	68 28	68 20 —68 33	3	4	68 31 10
c : π	0P : 4P	{0001} : {40$\bar{4}$1}	73 29	—	1	1	73 33 24
c : χ	0P : $\frac{1}{3}$P2	{0001} : {1.1.$\bar{2}$.12}	6 57	6 54 — 7 6	2	3	6 58 13,5
c : s	0P : 2P2	{0001} : {11$\bar{2}$1}	55 43 30	55 33 —55 51 30	13	46	55 43 16,5
c : n	0P : 4P$\frac{1}{3}$	{0001} : {31$\bar{4}$1}	71 59	—	1	1	71 52 20
c : μ	0P : 3P$\frac{3}{2}$	{0001} : {21$\bar{3}$1}	65 59	65 57 —66 3	5	10	65 57 8,5
r : x	$\frac{1}{2}$P : P	{10$\bar{1}$2} : {10$\bar{1}$1}	17 18	17 14 —17 24	3	5	17 18 42
x : x′	P : P′	{10$\bar{1}$1} : {01$\bar{1}$1}	37 43 30	37 39 —37 50	4	5	37 42 31
x : y	P : 2P	{10$\bar{1}$1} : {20$\bar{2}$1}	19 9 30	19 8 —19 13 30	3	6	19 10 53
x : s	P : 2P2	{10$\bar{1}$1} : {11$\bar{2}$1}	26 51 30	26 50 —26 56	4	8	26 50 30
y : y′	2P : 2P′	{20$\bar{2}$1} : {02$\bar{2}$1}	51 1	50 58 —51 5	3	4	51 0 33
y : s	2P : 2P2	{20$\bar{2}$1} : {11$\bar{2}$1}	25 29	25 25 -25 32	2	6	25 30 20
s : s′	2P2 : 2P2′	{11$\bar{2}$1} : {$\bar{1}$2$\bar{1}$1}	48 49	48 43 —48 54	5	12	48 49 7
y : $\underline{y}$	2P : 2$\breve{P}$	{20$\bar{2}$1} : {20$\bar{2}$$\bar{1}$}	61 7 30	61 4 —61 8 30	3	6	61 6 20
s : $\underline{s}$	2P2 : 2$\breve{P}$2	{11$\bar{2}$1} : {11$\bar{2}$$\bar{1}$}	68 34 30	68 24 —68 38	3	8	68 33 27
μ : μ,	3P$\frac{3}{2}$: 3P$\frac{3}{2}$,	{21$\bar{3}$1} : {3$\bar{1}$21}	20	—	1	1	19 52

Digitized by Google

4. Optischer Teil.

Daten über die Brechungsindizes des Apatits begegnen wir in der Literatur nicht allzuhäufig, sie beziehen sich zumeist nur auf Na-Licht und sind — abgesehen von den Untersuchungen Heusser's[1] und Schrauf's[2] in den fünfziger und sechziger Jahren des vorigen Jahrhunderts — erst in neuerer Zeit für verschiedene Wellenlängen ermittelt worden[3].

Die folgenden Bestimmungen der Brechungsexponenten erstrecken sich auf Li- und Na-Licht und auf die drei Wellenlängen des Quecksilberlichtes λ 5790, λ 5461 und λ 4359, in der Folge als gelb, bezw. grün bezw. blau bezeichnet. Bekanntlich liefert das Spektrum der Quecksilberlampe sechs verschiedene Hauptliniengruppen. Um das für die Beobachtung erforderliche homogene Licht zu erhalten, wurden sogen. Absorptionsfilter, die nach der von J. Hartmann angegebenen Weise hergestellt waren, verwendet[4]. Bei der Bestimmung der Brechungskoeffizienten für gelb wurde ein aus Chrysoidin und Eosin bestehendes Filter benutzt. In eine schwache Chrysoidinlösung, welche nur das gelbe Linienpaar λ 5790 und λ 5796 und die grüne Linie λ 5461 durchläßt, wurde so viel Eosin eingetragen, bis die Linie λ 5461 verschwand. Dieses Filter wirkte sehr gut, und die Helligkeit des Signals ließ im allgemeinen nichts zu wünschen übrig. Bei der Ermittelung der Indizes für grünes und blaues Licht wurde eine Lösung von Echtgrün verwendet, welche die gelben Strahlen völlig abschneidet; nur ein blaues und grünes Signal wurden im Fernrohr sichtbar.

Von den Bestimmungsweisen der Brechungsindizes wurde die Methode der Beobachtung der minimalen Deviation derjenigen durch Totalreflexion vorgezogen, weil bei letzterer

---

[1] J. C. Heusser, Untersuchung über die Brechung des farbigen Lichtes in einigen kristallinischen Medien. Pogg. Ann. 1852. **87**. 467.

[2] A. Schrauf, Bestimmung der optischen Konstanten kristallisierter Körper. Sitzungsber. d. k. k. Akad. d. Wiss. in Wien. 1860. **42**. 114.

[3] J. E. Wolff und Ch. Palache, a. a. O. p. 445. — K. Zimányi, a. a. O., p. 511.

[4] Vergl. J. Hartmann, Eine Reihe von Filtern zur Erzeugung von homogenem Licht. Zeitschr. f. wiss. Photographie, Photophysik und Photochemie. **1**. 8. Heft. p. 259 ff.

Digitized by Google

nur der Brechungsquotient für die Grenzschicht des Untersuchungsobjektes gegen das zweite Medium bestimmt wird, bei ungleich gefärbten (oder inhomogenen) Mineralien jedoch diese Grenzschicht sich leicht anders lichtbrechend verhalten kann (bzw. verhält) als der übrige Teil des Kristalls. Die benutzten Prismen wurden in der Werkstätte von Dr. Steeg und Reuter, Homburg, hergestellt. Die Messungen wurden mit dem Reflexionsgoniometer und Refraktometer von R. Fuess ausgeführt. Das Instrument gestattete Ablesungen bis zu einer halben Minute, doch konnten 15 Sekunden leicht geschätzt werden. Als Signal diente der Websky'sche Spalt.

Die Bestimmung der Winkel der Prismenkanten machte bei drei Prismen zur Erreichung einer genauen Einstellung eine erhebliche Abdeckung erforderlich, da ohne dieselbe die erhaltenen Reflexe zu breit waren. Jeder für die brechenden Winkel angegebene Wert ist das Mittel aus 6 Ablesungen.

Die Bilder für Na-, gelbes und auch grünes Licht waren in den meisten Fällen gut; die Differenzen der einzelnen Ablesungen betrugen 0'15"—0'45". Nur bei wenigen Prismen mußte infolge inhomogener Beschaffenheit stark abgeblendet werden; benutzt wurden Papierhüllen mit eingeschnittenen rechteckigen Fensterchen, wodurch häufig die Signale für eine genaue Beobachtung zu lichtschwach wurden. Für rotes und blaues Licht betrugen in diesem Falle, sofern eine Einstellung sich noch bewerkstelligen ließ, die erhaltenen Differenzen bis zu 2' 15". Der entstehende Beobachtungsfehler wäre demnach 0,0001—0,0010.

Bei Bestimmung des Winkels der kleinsten Ablenkung fiel der Lichtstrahl bald auf die eine, bald auf die andere Prismenfläche, abgelesen wurde immer auf der anderen Seite des Teilkreises. Die mitgeteilten Werte sind das Mittel aus 5—7 Einstellungen. Die Bilder des ordentlichen und des außerordentlichen Strahles deckten sich infolge geringer Doppelbrechung fast ganz und waren meist nicht zu unterscheiden. Es wurde deshalb ein Nicol'sches Prisma in einer Hülse an dem Kollimator angebracht und durch Drehung des Nicols die Minimalablenkung für die beiden Strahlen ermittelt[1].

[1] Vergl. C. Leiss, Die optischen Instrumente der Firma R. Fuess. Leipzig 1899. p. 123.

Digitized by Google

Bei den angestellten optischen Untersuchungen galt es zu erforschen, ob und welcher Zusammenhang zwischen den Lichtbrechungsverhältnissen des Apatits und seiner chemischen Konstitution einerseits und zwischen Lichtbrechung und Färbung anderseits bestehe.

Um diesbezügliche Resultate zu erzielen, wurde die Bestimmung der Brechungsquotienten an mehreren Prismen ausgeführt und bei der Auswahl des Materials, welches den verschiedenen Stufen entnommen wurde, auf Färbung und die ermittelte chemische Zusammensetzung (s. Teil II) Rücksicht genommen. Der brechende Winkel ist mit φ, der Winkel der kleinsten Ablenkung mit δ bezeichnet; die für die Lichtbrechung mitgeteilten Werte sind auf 4 Dezimalen abgerundet.

A. Die Lichtbrechungsverhältnisse des Apatits vom Epprechtstein.

Von diesem Vorkommen wurden 4 Kristalle zur Untersuchung verwendet.

1. Das zu einem Prisma geschliffene Kriställchen ist einer Stufe schmutzig-weißer, an den Kombinationskanten von Prismen und Basis zonar gefärbter, mit den Endflächen untereinander verwachsener Individuen von tafeligem Habitus entnommen. Die Prismenflächen sind frei von Streifung, zeigen jedoch weniger guten Glanz als die sehr untergeordnet entwickelten Pyramidenflächen.

Das Prisma ist vollkommen durchsichtig; die Länge seiner brechenden Kante beträgt 2½ mm, der Prismenwinkel ca. 35°, der vom Licht zurückgelegte Weg 1½ mm, die Signale sind durchweg gut.

$\varphi = 35^\circ 25' 45''$. T = 24° C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	24° 4' 36''	1,6310	24° 1' 10''	1,6295	0,0015
Na	24 13	1,6343	24 9	1,6328	0,0015
gelb.	24 13 50	1,6348	24 10 15	1,6333	0,0015
grün	24 18 24	1,6367	24 14 40	1,6351	0,0016
blau	24 41 45	1,6463	24 37 30	1,6446	0,0017

Digitized by Google

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0033	0,0038	0,0057	0,0153	0,0005
ε	0,0033	0,0038	0,0056	0,0151	0,0005

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb—grün	gelb—blau	grün—blau
ω	0,0024	0,0120	0,0019	0,0115	0,0096
ε	0,0023	0,0118	0,0018	0,0113	0,0095

Wie ersichtlich, ist die Doppelbrechung sehr schwach: für blau etwas stärker als für die übrigen Farben. Die Dispersion bei dem ordentlichen und außerordentlichen Strahl ist wenig verschieden. Ein Unterschied in der Lichtintensität der beiden Strahlen ist nicht wahrzunehmen.

2. Der angeschliffene 3 mm hohe Kristall stammt von derselben Stufe, von welcher das Material für die chemische Untersuchung abgelöst wurde. Nach der brechenden Kante ist das kleine Prisma farblos, während es nach innen mit grünen und blauen Einlagerungen durchzogen ist, die unter sich parallel und eine in bezug auf die brechende Kante senkrechte Richtung haben. Die vom Licht durchlaufene Schicht hat im Mittel ein Dicke von $1\frac{1}{2}$ mm. Die Signale sind lichtschwächer als die beim ersten Prisma erhaltenen; für grün und blau ist eine genaue Einstellung schwieriger zu bewerkstelligen. besonders bei dem stärker absorbierten außerordentlichen Strahle.

$\varphi = 35^\circ 17' 20''$. $T = 21^\circ$ C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	23°56′ 36″	1,6304	23°53′ 20″	1,6290	0,0014
Na	24 4 40	1,6338	24 1 20	1,6323	0,0015
gelb.	24 6	1,6343	24 2 30	1,6328	0,0015
grün	24 10 35	1,6362	24 6 55	1,6347	0,0015
blau	24 34 15	1,6461	24 30 10	1,6444	0,0017

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0034	0,0039	0,0058	0,0157	0,0005
ε	0,0033	0,0038	0,0057	0,0154	0,0005

Digitized by Google

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb — grün	gelb — blau	grün — blau
ω	0,0024	0,0123	0,0019	0,0118	0,0099
ε	0,0024	0,0121	0,0019	0,0116	0,0097

Die Brechungsquotienten dieses Prismas differieren von denen des ersten, sie sind um ca. 5 Einheiten in der 4. Dezimale geringer. Die Doppelbrechung ist aber fast dieselbe wie bei No. 1; sie weist bei blau ebenfalls den größten Wert auf. In der Dispersion sind geringe Unterschiede vorhanden.

3. Die Kristalle dieser Stufe sind dicktafelig, nach dem Prisma auf Feldspat, Quarz und Gilbertit aufgewachsen; ihre Farbe ist blaßbläulichgrün mit tiefblauen zonaren Einlagerungen; fast alle sind von Turmalinnadeln durchspießt; die Prismenflächen sind stark gerieft. Das benutzte Prisma ist durchsichtig und fast farblos; der Winkel der brechenden Kante beträgt ca. 35°, die Länge derselben ist $2\frac{1}{2}$ mm. Die Signale sind gut; in der Intensität der Strahlen ist kein Unterschied zu bemerken.

$\varphi = 35°\,32'$. T = 24° C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	24° 13′ 12″	1,6324	24° 10′ 0″	1,6311	0,0013
Na	24 21 40	1,6360	24 18 15	1,6346	0,0014
gelb.	24 22 57	1,6365	24 19 40	1,6351	0,0014
grün	24 27 40	1,6385	24 24 12	1,6370	0,0015
blau	24 52 24	1,6487	24 48 20	1,6470	0,0017

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0036	0,0041	0,0061	0,0163	0,0005
ε	0,0035	0,0040	0,0059	0,0159	0,0005

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb — grün	gelb — blau	grün — blau
ω	0,0025	0,0127	0,0020	0,0122	0,0102
ε	0,0024	0,0124	0,0019	0,0119	0,0100

Obgleich bei diesem Prisma sich wiederum andere Brechungsquotienten ergeben, weist die Doppelbrechung fast die-

Digitized by Google

selben Werte wie No. 1 und 2 auf; bezüglich der Dispersion bestehen geringe Unterschiede.

4. Die brechende Kante dieses Prismas, welche aus einem nach innen gelblichen, nach außen mehr farblosen Kristall hergestellt ist, beträgt $2\frac{1}{2}$ mm, die Breite einer Seitenfläche $3\frac{1}{2}$ mm, der Prismenwinkel ca. 35°. Bei der Einstellung auf das Minimum der Ablenkung erscheinen zwei Signale nebeneinander, von denen das eine dem farblosen, das andere dem gefärbten Teile zugehört. Es wurden zwei Beobachtungsreihen gemacht.

a) Der farblose Teil. Die Bilder sind gut, und es ist kein Unterschied in der Intensität des ordentlichen und außerordentlichen Strahles zu konstatieren. Die Dicke der vom Licht durchlaufenen Schicht beträgt 1 mm.

$\varphi = 34°\,56'\,38''$. $T = 24\frac{1}{2}°$ C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	23° 54′ 20″	1,6363	23° 50′ 36″	1,6348	0,0015
Na	24 2 36	1,6398	23 58 57	1,6383	0,0015
gelb	24 4	1,6404	24 0 6	1,6388	0,0016
grün	24 8 30	1,6423	24 4 40	1,6407	0,0016
blau	24 33 12	1,6526	24 28 30	1,6507	0,0019

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0035	0,0041	0,0060	0,0163	0,0006
ε	0,0035	0,0040	0,0059	0,0159	0,0005

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb — grün	gelb — blau	grün — blau
ω	0,0025	0,0128	0,0019	0,0122	0,0103
ε	0,0024	0,0124	0,0019	0,0119	0,0100

b) Der gelbliche Teil. Die vom Licht durchlaufene Schicht hat eine Dicke von etwa 2 mm. Die erhaltenen Bilder sind lichtschwächer als bei a, besonders die des außerordentlichen Strahles, die Messungen für blau sind weniger gut, die einzelnen Ablesungen differieren für diese Farbe bis zu einem Betrage von 2′ 15″.

Digitized by Google

$\varphi = 34°\,56'\,38''$. T = 25° C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	23°56' 12"	1,6371	23°52' 24"	1,6355	0,0016
Na	24 4 40	1,6407	24 1 8	1,6391	0,0016
gelb.	24 6 20	1,6414	24 2 36	1,6398	0,0016
grün	24 11 6	1,6433	24 7	1,6416	0,0017
blau	24 35 40	1,6537	24 31 30	1,6517	0,0020

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0036	0,0043	0,0062	0,0166	0,0007
ε	0,0036	0,0043	0,0061	0,0162	0,0007

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb — grün	gelb — blau	grün — blau
ω	0,0026	0,0130	0,0019	0,0123	0,0104
ε	0,0025	0,0126	0,0018	0,0119	0,0101

Wie ersichtlich, sind die Brechungsquotienten des farblosen Teils niedriger als die des anderen; die Doppelbrechung zeigt ebenfalls wenn auch nur geringe, die Dispersion wenig bemerkbare Unterschiede.

Aus den am Apatit vom Epprechtstein erhaltenen Messungsresultaten[1] geht hervor, daß seine Lichtbrechung sehr schwach ist und einigen Schwankungen unterliegt. Die gefundenen Grenzwerte sind ω_{Na} 1,6338 bis 1,6407, ε_{Na} 1,6323 bis ε_{Na} 1,6391. Die Änderungen in den Brechungsexponenten erstrecken sich also auf 7 Einheiten der 3. Dezimale; den größten Wert weist der gelbe Teil des Prismas No. 4, den kleinsten das Prisma No. 2 auf. Trotz der erheblichen Differenzen in den Brechungsindizes zeigt die Doppelbrechung nur geringe Abweichungen, sie variiert zwischen 0,0014 und 0,0016.

Diese Werte für die Doppelbrechung sind die niedrigsten, die bis jetzt am Apatit gefunden wurden, und müssen als charakteristisch für das Epprechtsteiner Vorkommen angesehen werden.

Alle untersuchten Prismen zeigen in der Richtung von rot nach blau — besonders bei blau — eine Zunahme der

[1] Vergl. hierzu die Tabellen p. 636 ff.

Digitized by Google

Doppelbrechung. Sie ist indessen nicht so deutlich wie die von Heusser[1] für den wasserklaren Apatit vom Zillertal angegebene.

Zillertal	$\omega - \varepsilon$	Epprechtstein (durchschnittl. Wert)	$\omega - \varepsilon$
G	0,00485	Blau	0,0018
F	0,00465	Grün	0,0015
E	0,00455	Gelb	0,0015
D	0,00435	Na	0,0015
		Li	0,0014

Hinsichtlich der Dispersion des Apatits vom Epprechtstein sind ebenfalls nur geringe Unterschiede wahrzunehmen.

	1.	2.	3.	4a.	4b.
ω Li — Na	0,0033	0,0034	0,0036	0,0035	0,0036
ε Li — Na	0,0033	0,0033	0,0035	0,0035	0,0036

Für beide Strahlen ist die Dispersion nahezu dieselbe.

In der Lichtintensität des ordentlichen und außerordentlichen Strahles ist bei den fast farblosen Prismen kein Unterschied, in den gefärbten Prismen (No. 2 und 4b) aber wird der außerordentliche Strahl stärker absorbiert als der ordentliche; bei der Beobachtungsreihe 4b ist der Unterschied am stärksten.

Verschiedenheiten in den Lichtbrechungsverhältnissen, besonders der Brechungsindizes, für Apatitkristalle desselben Fundortes sind nicht überraschend; schon mehrfach wurden sie konstatiert. So erhielt (für Na-Licht) Schrauf[2] an dem Apatit von Jumilla für die Brechungsexponenten Werte zwischen 1,63891 und 1,63906 und für die Doppelbrechung solche zwischen 0,00454 und 0,00445; Zimányi[3] an dem Apatit von Malmberget für die Brechungsexponenten 1,6362 und 1,6381 und für die Doppelbrechung 0,0035—0,0045; Busz[4] für den Apatit von Gletsch 1,63533 und 1,63588 bezw. 0,00250 und 0,00238.

Auch Schwankungen an demselben Kristall beobachteten die zuletzt genannten Forscher. An einem gelben Kristall

[1] J. C. Heusser, a. a. O. p. 114.

[2] A. Schrauf, a. a. O. p. 114.

[3] K. Zimányi, a. a. O. p. 515.

[4] K. Busz, Apatit und Milarit von Gletsch am Rhonegletscher in der Schweiz. Centralbl. f. Min. 1906. p. 760.

Digitized by Google

des von ihm untersuchten Vorkommens erhielt Zimányi für die durch zwei Prismenflächen bestimmten Brechungsexponenten Werte, die im Mittel um 0,0009 größer waren, als wenn das brechende Prisma eine Pyramiden- und eine Prismenfläche bildeten. Busz fand an einem klaren, durchsichtigen Kristall, daß der Wert ω_{Na} um 0,00059 größer war bei der brechenden Kante $(10\bar{1}0) : (\bar{1}100)$ als bei der brechenden Kante $(10\bar{1}0) : (\bar{1}012)$.

Bei der Erörterung der chemischen Verhältnisse des Epprechtsteiner Apatits haben wir den Apatit von Minot zum Vergleiche herangezogen und auf die ähnliche Zusammensetzung hingewiesen. Stellen wir auch die Daten der Lichtbrechungsverhältnisse der beiden einander gegenüber:

	ω Na	ε Na	$\omega - \varepsilon$	Dispersion ω Li — Na	Dispersion ε Li — Na
A. Analysierte Stufe des Epprechtsteiner Apatits (No. 2)	1,6338	1,6323	0,0015	0,0034	0,0033
B. Apatit von Minot	1,63353	1,63162	0,00191	0,00286	0,00297

so erkennen wir, daß auch die optischen Eigenschaften ziemliche Übereinstimmung zeigen. Für beide ist besonders bemerkenswert die niedrige Lichtbrechung und die schwache Doppelbrechung. Erstere ist bei B geringer, letztere bei A. Die Dispersion zeigt einige Verschiedenheit.

B. Die Lichtbrechungsverhältnisse des Apatits von Luxullian.

Zur Bestimmung der Brechungsquotienten dienten fünf Prismen:

1. Das zu einem Prisma geschliffene Kriställchen wurde einer Stufe blaßbläulichgrüner, regellos übereinander geschichteter Individuen, mit tiefblauer zonarer Färbung an den Kanten von 0P und ∞P, entnommen. Das Prisma zeigt eine ganz schwach grünliche Trübung. Die Länge der brechenden Kante beträgt $2\frac{1}{2}$ mm, die Dicke der vom Licht durchlaufenen Schicht 1 mm. Die Signale sind ziemlich scharf, ein Unterschied in der Intensität des ordentlichen und des außerordentlichen Strahles ist nicht zu bemerken.

Digitized by Google

$\varphi = 35°\,28'$. T = 24° C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	24° 11′ 20″	1,6336	24° 9′ 12″	1,6321	0,0015
Na	24 20 54	1,6370	24 17 20	1,6355	0,0015
gelb.	24 21 57	1,6374	24 18 30	1,6360	0,0014
grün	24 26 36	1,6393	24 23	1,6378	0,0015
blau	24 49 54	1,6490	24 45 30	1,6472	0,0018

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0034	0,0038	0,0057	0,0154	0,0004
ε	0,0034	0,0039	0,0057	0,0151	0,0005

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb—grün	gelb—blau	grün—blau
ω	0,0023	0,0120	0,0019	0,0116	0,0097
ε	0,0023	0,0117	0,0018	0,0112	0,0094

Die Brechungsindizes dieses Prismas kommen denen von No. 3 des Epprechtsteiner Apatits am nächsten. In der Doppelbrechung stimmen sie fast vollständig überein; die Dispersion zeigt nur geringe Unterschiede.

2. Die Apatitkristalle der aus langen Rauchquarzkristallen, dicken, mit Gilbertit bedeckten Turmalinnadeln bestehenden Stufe zeigen tafelförmigen Habitus und sind von bläulicher Farbe.

Das aus einem größeren Kristall hergestellte Prisma ist mit blauer Farbe durchsichtig, seine Kantenlänge beträgt 1 mm, die Länge einer Seitenfläche $3\frac{1}{2}$ mm, die Dicke der vom Licht durchlaufenen Schicht $1\frac{1}{2}$ mm.

$\varphi = 35°\,16'$. T = 24° C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	23° 55′ 0″	1,6302	23° 51′ 30″	1,6287	0,0015
Na	24 3	1,6335	23 59 12	1,6320	0,0015
gelb	24 4 12	1,6340	24 0 24	1,6325	0,0015
grün	24 8 40	1,6359	24 4 38	1,6342	0,0017
blau	24 31 30	1,6454	24 27 20	1,6436	0,0018

Digitized by Google

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0033	0,0038	0,0057	0,0152	0,0005
ε	0,0033	0,0038	0,0055	0,0149	0,0005

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb—grün	gelb—blau	grün—blau
ω	0,0024	0,0119	0,0019	0,0114	0,0095
ε	0,0022	0,0116	0,0017	0,0111	0,0094

Die Reflexe sind wie bei Prisma No. 1 scharf und für beide Strahlen von gleicher Helligkeit. Die Lichtbrechung ist geringer als bei No. 1; sie ist dieselbe wie die des Apatits von Minot; die Doppelbrechung ist jedoch geringer.

3. Von einer großen, hauptsächlich aus weißem Feldspat und grauem Quarz bestehenden Stufe mit zahlreichen einzelnen durchsichtigen, tafelförmigen Kriställchen von ganz schwachbläulicher Farbe wurde eines der größten Individuen zu einem Prisma geschliffen. Die brechende Kante ist 2 mm lang. Der Winkel des brechenden Prismas beträgt ca. 34°.

$\varphi = 33°\,52'$. $T = 26°$ C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	22°49′ 30″	1,6301	22°46′ 20″	1,6287	0,0014
Na	22 56 12	1,6330	22 52 45	1,6316	0,0014
gelb	22 57 6	1,6335	22 53 50	1,6320	0,0015
grün	23 1 6	1,6352	22 57 40	1,6337	0,0015
blau	23 22 30	1,6446	23 18 40	1,6430	0,0016

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0029	0,0034	0,0051	0,0145	0,0005
ε	0,0029	0,0033	0,0050	0,0143	0,0004

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb—grün	gelb—blau	grün—blau
ω	0,0022	0,0116	0,0017	0,0111	0,0094
ε	0,0021	0,0114	0,0017	0,0110	0,0093

Die Brechungsquotienten dieses Prismas sind kleiner als die der beiden vorhergehenden und auch kleiner als die der Epprechtsteiner Prismen. In der Doppelbrechung sind kaum,

Digitized by Google

in der Dispersion geringe Verschiedenheiten von den bei No. 1 und 2 erhaltenen Werten zu beobachten.

Die beiden folgenden Prismen wurden aus Kristallen hergestellt, die das gleiche Aussehen haben wie die zur chemischen Analyse verwendeten. Sie fanden sich ebenfalls in den Ausfüllungen der Granithohlräume. Sie zeigen glatte, ebene Flächen, guten Glanz und sind im wesentlichen von Prisma und Basis begrenzt.

4. In der Mitte zeigt dieses Prisma eine schmale, gelbe Zone, nach beiden Enden zu ist es schwach blau gefärbt. Die Grenze zwischen der gelben und den blauen Schichten ist scharf. Die Länge der brechenden Kante beträgt 8 mm, die Breite einer Seitenfläche 6 mm, die Dicke der vom Lichtstrahl durchlaufenen Schicht 2 mm. Fällt der Lichtstrahl auf die Grenze des blauen und gelben Teils, so erscheinen im Fernrohr mehrere Signale von verschiedener Helligkeit nebeneinander. Es wurden an 3 Stellen Beobachtungen angestellt.

a) Der obere blaue Teil. Die brechende Kante desselben mißt 3¼ mm, der gelbe und untere blaue Teil werden durch eine schwarze Papierhülle verdeckt. Es erscheint ein ziemlich scharfes Signal.

$\varphi = 34°29'$. T = 27° C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	23°19′ 24″	1,6306	23°16′ 10″	1,6293	0,0013
Na	23 26 40	1,6338	23 23 12	1,6323	0,0015
gelb	23 27 40	1,6342	23 24 12	1,6327	0,0015
grün	23 31 45	1,6360	23 28 6	1,6344	0,0016
blau	23 54 42	1,6457	23 50 30	1,6440	0,0017

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0032	0,0036	0,0051	0,0152	0,0004
ε	0,0030	0,0034	0,0051	0,0147	0,0004

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb—grün	gelb—blau	grün—blau
ω	0,0022	0,0119	0,0018	0,0115	0,0097
ε	0,0021	0,0117	0,0017	0,0113	0,0096

Digitized by Google

b) Der untere blaue Teil. Seine brechende Kante ist $3\frac{3}{4}$ mm lang. Die beiden anderen Teile werden abgeblendet. Die Signale sind gut, ein Unterschied in der Intensität der abgelenkten Strahlen ist nicht zu bemerken.

$\varphi = 34^{\circ}29'$. $T = 29^{\circ}$ C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	23° 19′ 12″	1,6305	23° 15′ 50″	1,6291	0,0014
Na	23 26 20	1,6336	23 22 50	1,6321	0,0015
gelb	23 27 24	1,6341	23 24 00	1,6326	0,0015
grün	23 31 50	1,6360	23 28 40	1,6343	0,0017
blau	23 54 40	1,6457	23 50 18	1,6439	0,0018

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0031	0,0036	0,0055	0,0152	0,0005
ε	0,0030	0,0035	0,0052	0,0148	0,0005

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb — grün	gelb — blau	grün — blau
ω	0,0024	0,0121	0,0019	0,0116	0,0097
ε	0,0022	0,0118	0,0017	0,0113	0,0096

c) Der gelbe Teil. Die Länge seiner brechenden Kante ist geringer als die der blauen Teile; sie beträgt nur $1\frac{1}{2}$ mm. Im Fernrohr erscheinen zwei Signale: ein helleres und ein sehr lichtschwaches, welches keine Messung gestattet.

Verglichen mit den bei a und b erhaltenen Signalen ist auch das hellere sehr viel lichtschwächer; es macht sich ein deutlicher Unterschied in der Intensität des ordentlichen und außerordentlichen Strahles geltend. Die Absorption des letzteren ist besonders stark. Die Brechungsexponenten für blaues Licht konnten nicht mehr bestimmt werden.

$\varphi = 34^{\circ}29'$. $T = 26^{\circ}$ C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	23° 27′ 24″	1,6341	23° 24′ 6″	1,6327	0,0014
Na	23 35 20	1,6375	23 31 36	1,6359	0,0016
gelb	23 36 30	1,6380	23 32 45	1,6364	0,0016
grün	23 40 30	1,6397	23 36 50	1,6381	0,0016
blau	—	—	—	—	—

Digitized by Google

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0034	0,0039	0,0056	—	0,0005
ε	0,0032	0,0037	0,0054	—	0,0005

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb—grün	gelb—blau	grün—blau
ω	0,0022	—	0,0017	—	—
ε	0,0022	—	0,0017	—	—

Bei einer Vergleichung der drei Beobachtungsreihen ergibt sich, daß die blauen Teile voneinander wenig verschiedene Brechungsexponenten haben, der gelbe Teil indessen für die beiden Beobachtungsreihen höhere Werte aufweist. Diese Abweichungen treten in der Doppelbrechung nicht so stark hervor, und bezüglich der Dispersion sind nur geringe Differenzen zu bemerken. Die Lichtbrechung der blau gefärbten Teile kommt der an No. 2 des Epprechtsteiner Apatits beobachteten nahe.

5. Der zur optischen Untersuchung verwendete Kristall ist 12½ mm hoch bei einem Durchmesser von 11 mm. Er ist zum größten Teil (etwa ⅘) gelb gefärbt, an dem einen Ende zeigt er eine schmale, schwach bläuliche Zone. Die Breite einer Seitenfläche des angeschliffenen Prismas beträgt 6½ mm, die Dicke der vom Licht durchlaufenen Schicht ist etwa 2 mm. Bei Bestimmung des Prismenwinkels ist starke Abblendung notwendig, um scharfe Signale zu erhalten.

a) Der blaue Teil. Die Signale sind gut, und ein Unterschied in der Lichtintensität der beiden Strahlen ist nicht wahrzunehmen.

$\varphi = 36°\,26'$. T = 27° C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	24°56′ 20″	1,6325	24°52′ 52″	1,6311	0,0014
Na	25 5 20	1,6361	25 1 45	1,6347	0,0014
gelb.	25 6 34	1,6366	25 2 53	1,6351	0,0015
grün	25 11 36	1,6387	25 7 53	1,6371	0,0016
blau	25 37 24	1,6489	25 33	1,6472	0,0017

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0036	0,0041	0,0062	0,0164	0,0005
ε	0,0036	0,0040	0,0060	0,0161	0,0004

Digitized by Google

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb — grün	gelb — blau	grün — blau
ω	0,0026	0,0128	0,0021	0,0123	0,0102
ε	0,0024	0,0125	0,0020	0,0121	0,0101

Die für die Brechungsindizes dieses Teiles ermittelten Werte kommen denen des Prismas No. 1 am nächsten. Die Dispersion ist bei letzterem wenig geringer als bei ersterem. die Doppelbrechung fast dieselbe.

b) Der gelbe Teil. Der Prismenwinkel ist von dem bei a ermittelten etwas verschieden. Die für die abgelenkten Strahlen erhaltenen Signale sind einheitlich, jedoch bedeutend lichtschwächer als bei a, besonders gering ist die Intensität des außerordentlichen Strahles.

$\varphi = 36° 27' 40''$. $T = 25\frac{1}{2}°$ C.

Lichtart	δ_ω	ω	δ_ε	ε	$\omega - \varepsilon$
Li	25° 13' 40''	1,6389	25° 9' 24''	1,6372	0,0017
Na	25 23 6	1,6426	25 18 36	1,6409	0,0017
gelb.	25 24 24	1,6431	25 19 48	1,6413	0,0018
grün	25 29 10	1,6450	25 24 30	1,6432	0,0018
blau	25 55 55	1,6556	25 49 38	1,6536	0,0020

Dispersion für	Li — Na	Li — gelb	Li — grün	Li — blau	Na — gelb
ω	0,0037	0,0042	0,0062	0,0168	0,0005
ε	0,0037	0,0041	0,0060	0,0164	0,0004

Dispersion für	Na — grün	Na — blau	gelb — grün	gelb — blau	grün — blau
ω	0,0024	0,0130	0,0019	0,0125	0,0106
ε	0,0023	0,0127	0,0019	0,0123	0,0104

Die für die beiden Stellen a und b ermittelten Brechungsquotienten sind wesentlich verschieden. Der Brechungsexponent des gelben Teils ist um 6 Einheiten in der dritten Dezimale höher als derjenige des blauen Teils. Die Doppelbrechung indessen weist nur geringe Verschiedenheiten auf, und für die Dispersion sind ebenfalls nur kleine Abweichungen zu bemerken.

Digitized by Google

Bei einer Gegenüberstellung aller am Apatit von Luxullian beobachteten Lichtbrechungen (vergl. Tabelle p. 636) fallen uns die außerordentlich großen Schwankungen in den Brechungsexponenten auf. Bewegen sich doch für Na-Licht die Werte für den ordentlichen Strahl zwischen 1,6330 und 1,6426 (vergl. 3 und 5 b)! Die größte Differenz beträgt mithin mehr als eine Einheit der zweiten Dezimale. Daß Schwankungen in den Brechungsindizes des Apatits vorkommen, wurde bereits beim Epprechtsteiner Apatit erwähnt (vergl. p. 626). Derartige große Differenzen, wie wir sie bei dem Vorkommen von Luxullian bemerken, sind indessen noch bei keinem Apatit festgestellt worden; sie sind aber eine häufige Erscheinung am Turmalin, Diopsid, also an solchen Mineralien, bei welchen die chemische Zusammensetzung sehr variabel ist. Die schwächste Lichtbrechung von allen untersuchten Prismen besitzt das Prisma No. 3; es weist für dieselbe die kleinsten Werte auf, die für den Apatit überhaupt gefunden worden sind (ω_{Na} 1,6330, ε_{Na} 1,6316). Aber trotz dieser großen Abweichungen der Brechungsquotienten voneinander sind die Änderungen in der Doppelbrechung nur gering, sie schwankt zwischen 0,0014 und 0,0017. Während also die Änderungen in den Brechungsindizes sich sogar bis auf die zweite Dezimale erstrecken, ist eine Änderung in der Doppelbrechung erst in der vierten Dezimale bemerkbar. Die Prismen (bezw. Teile derselben) mit dem höchsten Brechungskoeffizienten haben auch die stärkste Doppelbrechung. Bei allen Beobachtungsreihen ist eine Zunahme der Doppelbrechung von Li nach blau zu erkennen. Die größte diesbezügliche Differenz zeigen No. 4a, b, bei welchen für Li die Werte 0,0013 bezw. 0,0014, für blau 0,0017 bezw. 0,0018 ermittelt wurden. Die für die Dispersion berechneten Werte schwanken etwas.

Grenzwerte:

Dispersion für	ω Li — Na	ε Li — Na	ω Li — gelb	ε Li — gelb
	0,0029	0,0029	0,0034	0,0033
	0,0037	0,0037	0,0042	0,0041
Dispersion für	**ω Li — grün**	**ε Li — grün**	**ω Li — blau**	**ε Li — blau**
	0,0051	0,0050	0,0145	0,0143
	0,0062	0,0060	0,0168	0,0164

Digitized by Google

Dispersion für	ω Na — gelb	ε Na — gelb	ω Na — grün	ε Na — grün
	0,0004	0,0004	0,0022	0,0021
	0,0005	0,0005	0,0026	0,0024
Dispersion für	**ω Na — blau**	**ε Na — blau**	**ω gelb—grün**	**ε gelb—grün**
	0,0116	0,0114	0,0017	0,0017
	0,0130	0,0127	0,0021	0,0020
Dispersion für	**ω gelb—blau**	**ε gelb—blau**	**ω grün—blau**	**ε grün—blau**
	0,0111	0,0110	0,0094	0,0093
	0,0125	0,0123	0,0106	0,0104

Die Unterschiede für die beiden abgelenkten Strahlen sind gering.

Vergleichen wir die Lichtbrechungsverhältnisse der beiden untersuchten Apatite (siehe Tabelle p. 636), so erkennen wir, daß die Brechungsindizes sich ziemlich in denselben Grenzen bewegen und daß sie in ihren niedrigsten Werten die schwächste bis jetzt am Apatit ermittelte Lichtbrechung darstellen. In der Doppelbrechung zeigen sie Übereinstimmung; sie ist die geringste für den Apatit bislang beobachtete und muß als besonders charakteristisch für diese Vorkommen betrachtet werden.

Ein Unterschied in der Lichtintensität ist nur bei intensiver gefärbtem Material zu erkennen; der außerordentliche Strahl wird dann stets stärker absorbiert und besitzt geringere Intensität.

Hinsichtlich des Einflusses der färbenden Substanzen auf den Brechungsexponenten war DUDENHAUSEN[1] auf Grund seiner an Flußspat und Steinsalz diesbezüglich angestellten Untersuchungen zu dem Schluß gelangt, daß „die Unterschiede in den Brechungsexponenten hauptsächlich nur auf Beobachtungsfehlern beruhen, die Färbung dagegen nur einen ganz unwesentlichen Einfluß dabei ausübt".

Ein gleiches Ergebnis zeigen die Untersuchungen WOLFF's an dem Apatit von Minot[2], nach dessen Mitteilungen ein

[1] Vergl. DUDENHAUSEN, Optische Untersuchungen an Flußspat und Steinsalz. Münster. Diss. 1902. p. 27.

[2] Vergl. J. E. WOLFF u. CH. PALACHE, a. a. O. p. 445.

Digitized by Google

No. des Prismas		ω	ε	$\omega - \varepsilon$	No. des Prismas		ω	ε	$\omega - \varepsilon$
A. Epprechtstein.									
No. 1.	Li . .	1,6310	1,6295	0,0015	No. 3.	Li . .	1,6301	1,6287	0,0014
	Na . .	1,6343	1,6328	0,0015		Na . .	1,6380	1,6316	0,0014
	gelb .	1,6348	1,6333	0,0015		gelb .	1,6335	1,6320	0,0015
	grün .	1,6367	1,6351	0,0016		grün .	1,6352	1,6337	0,0015
	blau .	1,6463	1,6446	0,0017		blau .	1,6446	1,6430	0,0016
No. 2.	Li . .	1,6304	1,6290	0,0014	No. 4a.	Li . .	1,6306	1,6293	0,0013
	Na . .	1,6338	1,6323	0,0015		Na . .	1,6338	1,6323	0,0015
	gelb .	1,6343	1,6328	0,0015		gelb .	1,6342	1,6327	0,0015
	grün .	1,6362	1,6347	0,0015		grün .	1,6360	1,6344	0,0016
	blau .	1,6461	1,6444	0,0017		blau .	1,6457	1,6440	0,0017
No. 3.	Li . .	1,6324	1,6311	0,0013	No. 4b.	Li . .	1,6305	1,6291	0,0014
	Na . .	1,6360	1,6346	0,0014		Na . .	1,6336	1,6321	0,0015
	gelb .	1,6365	1,6351	0,0014		gelb .	1,6341	1,6326	0,0015
	grün .	1,6385	1,6370	0,0015		grün .	1,6360	1,6343	0,0017
	blau .	1,6487	1,6470	0,0017		blau .	1,6457	1,6439	0,0018
No. 4a.	Li . .	1,6363	1,6348	0,0015	No. 4c.	Li . .	1,6341	1,6327	0,0014
	Na . .	1,6398	1,6383	0,0015		Na . .	1,6375	1,6359	0,0016
	gelb .	1,6404	1,6388	0,0016		gelb .	1,6380	1,6364	0,0016
	grün .	1,6423	1,6407	0,0016		grün .	1,6397	1,6381	0,0016
	blau .	1,6526	1,6507	0,0019		blau .	—	—	—
No. 4b.	Li . .	1,6371	1,6355	0,0016	No. 5a.	Li . .	1,6325	1,6311	0,0014
	Na . .	1,6407	1,6391	0,0016		Na . .	1,6361	1,6347	0,0014
	gelb .	1,6414	1,6398	0,0016		gelb .	1,6366	1,6351	0,0015
	grün .	1,6433	1,6416	0,0017		grün .	1,6387	1,6371	0,0016
	blau .	1,6537	1,6517	0,0020		blau .	1,6489	1,6472	0,0017
B. Luxullian.									
No. 1.	Li . .	1,6336	1,6321	0,0015	No. 5b.	Li . .	1,6389	1,6372	0,0017
	Na . .	1,6370	1,6355	0,0015		Na . .	1,6426	1,6409	0,0017
	gelb .	1,6374	1,6360	0,0014		gelb .	1,6431	1,6413	0,0018
	grün .	1,6393	1,6378	0,0015		grün .	1,6450	1,6432	0,0018
	blau .	1,6490	1,6472	0,0018		blau .	1,6556	1,6536	0,0020
No. 2.	Li . .	1,6302	1,6287	0,0015					
	Na . .	1,6335	1,6320	0,0015					
	gelb .	1,6340	1,6325	0,0015					
	grün .	1,6359	1,6342	0,0017					
	blau .	1,6454	1,6436	0,0018					

Digitized by Google

No. des Prismas	ω Li — Na	ε Li — Na	ω Li — gelb	ε Li — gelb	ω Li — grün	ε Li — grün	ω Li — blau	ε Li — blau	ω Na — gelb	ε Na — gelb
A. Epprechtstein:										
1. . .	0,0033	0,0033	0,0038	0,0038	0,0057	0,0056	0,0153	0,0151	0,0005	0,0005
2. . .	0,0034	0,0033	0,0039	0,0038	0,0058	0,0057	0,0157	0,0154	0,0005	0,0005
3. . .	0,0036	0,0035	0,0041	0,0040	0,0061	0,0059	0,0163	0,0159	0,0005	0,0005
4a . .	0,0035	0,0035	0,0041	0,0040	0,0060	0,0059	0,0163	0,0159	0,0006	0,0005
4b . .	0,0036	0,0036	0,0043	0,0043	0,0062	0,0061	0,0166	0,0162	0,0007	0,0007
B. Luxullian:										
1. . .	0,0034	0,0034	0,0038	0,0039	0,0057	0,0057	0,0154	0,0151	0,0004	0,0005
2. . .	0,0033	0,0033	0,0038	0,0038	0,0057	0,0055	0,0152	0,0149	0,0005	0,0005
3. . .	0,0029	0,0029	0,0034	0,0033	0,0051	0,0050	0,0145	0,0143	0,0005	0,0004
4a . .	0,0032	0,0030	0,0036	0,0034	0,0054	0,0051	0,0151	0,0147	0,0004	0,0004
4b . .	0,0031	0,0030	0,0036	0,0035	0,0055	0,0052	0,0152	0,0148	0,0005	0,0005
4c . .	0,0034	0,0032	0,0039	0,0037	0,0056	0,0054	—	—	0,0005	0,0005
5a . .	0,0036	0,0036	0,0041	0,0040	0,0062	0,0060	0,0164	0,0161	0,0005	0,0004
5b . .	0,0037	0,0037	0,0042	0,0041	0,0062	0,0060	0,0168	0,0164	0,0005	0,0004

Digitized by Google

No. des Prismas	ω Na – grün	ε Na – grün	ω Na – blau	ε Na – blau	ω gelb–grün	ε gelb–grün	ω gelb–blau	ε gelb–blau	ω grün–blau	ε grün–blau
A. Epprechtstein:										
1. . .	0,0024	0,0023	0,0120	0,0118	0,0019	0,0018	0,0115	0,0113	0,0096	0,0095
2. . .	0,0024	0,0024	0,0123	0,0121	0,0019	0,0019	0,0118	0,0116	0,0099	0,0097
3. . .	0,0025	0,0024	0,0127	0,0124	0,0020	0,0019	0,0122	0,0119	0,0102	0,0100
4a . .	0,0025	0,0024	0,0128	0,0124	0,0019	0,0019	0,0122	0,0119	0,0103	0,0100
4b . .	0,0026	0,0025	0,0130	0,0126	0,0019	0,0018	0,0123	0,0119	0,0104	0,0101
B. Luxullian:										
1. . .	0,0023	0,0023	0,0120	0,0117	0,0019	0,0018	0,0116	0,0112	0,0097	0,0094
2. . .	0,0024	0,0022	0,0119	0,0116	0,0019	0,0017	0,0114	0,0111	0,0095	0,0094
3. . .	0,0022	0,0021	0,0116	0,0114	0,0017	0,0017	0,0111	0,0110	0,0094	0,0093
4a . .	0,0022	0,0021	0,0119	0,0117	0,0018	0,0017	0,0115	0,0113	0,0097	0,0096
4b . .	0,0024	0,0022	0,0121	0,0118	0,0019	0,0017	0,0116	0,0113	0,0097	0,0096
4c . .	0,0022	0,0022	—	—	0,0017	0,0017	—	—	—	—
5a . .	0,0026	0,0024	0,0128	0,0125	0,0021	0,0020	0,0123	0,0121	0,0102	0,0101
5b . .	0,0024	0,0023	0,0130	0,0127	0,0019	0,0019	0,0125	0,0123	0,0106	0,0104

Digitized by Google

violetter Kristall nach Entfärbung durch Erhitzen keinen Unterschied in den Lichtbrechungsverhältnissen aufwies. K. Zimányi[1] dagegen beobachtete an zwei Kristallen des Apatits von Malmberget, daß die Lichtbrechung derselben nach dem Erhitzen schwächer wurde (größte Differenz 0,0010), daß dieselbe für den ordentlichen Strahl auffallender geschwächt wurde als für den außerordentlichen und ferner, daß sie nach der Entfärbung bei beiden Kristallen sozusagen gleich wurde; der Unterschied betrug nur 1—2 Einheiten in der vierten Dezimale.

Nach unseren Beobachtungen scheinen die großen Unterschiede in den Brechungsexponenten nicht in der relativen Menge eines diluten Farbstoffs ihre Ursache zu haben, und zwar aus folgenden Gründen:

Die blauen Teile der Prismen No. 4 und 5 zeigen keinen Unterschied in der Färbung; trotzdem differieren die Brechungsexponenten ganz beträchtlich. Die unter sich wenig verschiedenen Brechungsindizes von No. 4a und b bleiben um fast drei Einheiten der dritten Dezimale hinter denen des gleichgefärbten Teils von No. 5 zurück. Ferner weisen die gelben Teile dieser Prismen nicht den geringsten Unterschied in der Intensität des Farbtons auf, aber trotzdem beobachten wir Differenzen, die sogar sechs Einheiten in der dritten Dezimale betragen. Somit dürfte in unserem Falle die verschiedene Lichtbrechung nicht auf die Färbung zurückzuführen sein, vielmehr weist eine vergleichende Betrachtung der optischen und chemischen Verhältnisse auf die Verschiedenheit der chemischen Zusammensetzung als wesentliche Ursache der großen Schwankungen in den Lichtbrechungsverhältnissen hin.

Bei der chemischen Untersuchung (Teil II) haben wir bereits erwähnt, daß die Zusammensetzung der Apatite vom Epprechtstein und von Luxullian große Ähnlichkeit besitzt und nur bezüglich des Mangangehaltes bezw. Kalkgehaltes erhebliche Differenzen nachgewiesen werden konnten. In folgender Tabelle seien die an dem analysierten Material beobachteten Brechungsexponenten, die Doppelbrechung, die

[1] Vergl. K. Zimányi, a. a. O. p. 518.

Digitized by Google

	Unlösl.	Feuchtigkeit	Glühverlust	P_2O_5	CaO	MgO	Al_2O_3	FeO	MnO	K_2O	Na_2O	F	Cl	Summa	ω_{Na}	ε_{Na}	$\omega - \varepsilon$
1. Luxullian (blau) . .	0,27	—	0,35 H_2O	41,16	54,03	0,15	0,19	0,21	0,39	1,07	1,11	2,60	0,07	100,49	1,6337	0,6322	0,0015
(gelb) . .	0,30	—	0,36 H_2O	40,78	52,40	0,27	0,15	0,27	1,74	1,05	1,09	2,63	0,10	100,01	1,6375	1,6359	0,0016
(gelb) . .	0,34	—	0,40 H_2O	40,58	50,53	0,43	0,20	0,33	4,10	0,92	0,96	2,53	0,13	100,40	1,6426	1,6409	0,0017
2. Epprechtstein (blaugrau)	0,29	—	0,37 H_2O	41,18	53,63	0,16	0,22	0,45	0,79	1,03	0,95	2,41	0,04	100,49	1,6338	1,6323	0,0015
3. Minot (Maine)[1] (violett)	—	—	0,29 H_2O	41,30	53,43	0,70	$[(Fe, Al)_2O_3]$ 0,71	—	0,85	0,27	0,36	2,38	—	99,33	1,6335	1,6316	0,0019
4. Sulzbachtal (farblos)[2]	[0,80 SiO_2]	—	[0,80 SiO_2]	41,97	54,65	—	—	0,48	—	—	—	3,63	0,03		1,6355	1,6329	0,0026
5. Zillertal[3] (farblos) .	0,09	0,09	0,16	42,86	56,22	—	—	—	—	—	—	1,54	—	99,97	1,6461	1,6417	0,0044
6. Jumilla[4] (spargelgrün)	—	0,04	0,21	41,12	55,45	—	—	Fe_2O_3 1,07	—	—	0,44	1,98	0,24	99,66	1,6389	1,6344	0,0045
	—	—	—	41,71	54,95	—	—	Sp.	—	—	—	3,54	0,47	100,67	—1,6391	—1,6346	
7. Pisek[5] (blaßbläulichgrün)	0,81	—	—	41,35	55,15	Sp.	—	—	—	—	—	3,56	Sp.	100,87	1,6482	1,6431	0,0051
8. Gletsch[6] (amethystfarben, klar) . . .	—	—	0,22 H_2O	41,44	54,80	0,14	$(Fe, Al)_2O_3$ 0,94	—	0,39	0,45	0,53	2,93	Sp.	100,61	1,6353 —1,6356	1,6328 —1,6332	0,0024 —0,0025

[1] Vergl. J. E. Wolff und Ch. Palache, a. a. O. p. 438 ff. — [2] Vergl. A. Carnot, Sur les variations observées dans la composition des Apatites. Bull. Soc. franç. de Min. 1896. **19**. 138. K. Zimányi, Die Hauptbrechungsexponenten der wichtigeren gesteinsbildenden Mineralien bei Na-Licht. Zeitschr. f. Krist. 1894. **22**. 332. — [3] Vergl. J. L. Hoskyns-Abrahall. Ueber die Zusammensetzung des Apatits. Dissertation. München 1889. p. 11. — J. C. Heusser, a. a. O. p. 467. — [4] Vergl. J. L. Hoskyns-Abrahall, a. a. O. p. 13. — A. Carnot, a. a. O. p. 138. — A. Schrauf, a. a. O. p. 114. — [5] Vergl. C. Vrba, Mineralogische Notizen. V. No. 25. Zeitschr. f. Krist. 1889. **15**. 463. — K. Zimányi, Ueber die Lichtbrechung des Fluorapatits von Pisek. Zeitschrift f. Krist. 1905. **40**. 281. — [6] Vergl. K. Busz, Apatit und Milarit von Gletsch am Rhonegletscher. Centralbl. f. Min. 1906. p. 759 f.

Digitized by Google

Dispersion für Li — gelb und der gefundene Mangangehalt einander gegenübergestellt.

	ω Na	ε Na	$\omega - \varepsilon$	ω Li — gelb	ε Li — gelb	Mn O
B. No. 4a, b.	1,6337	1,6322	0,0015	0,0036	0,00345	0,39%
A. No. 2.	1,6388	1,6323	0,0015	0,0039	0,0038	0,79%
B. No. 4c.	1,6375	1,6359	0,0016	0,0039	0,0037	1,74%
B. No. 5b.	1,6426	1,6409	0,0017	0,0042	0,0041	4,10%

Nach dieser Zusammenstellung scheinen mit steigendem Mangangehalt die Brechungsquotienten, sowie die Doppelbrechung und Dispersion zu wachsen, erstere stärker als die beiden letzteren. Bei der Dispersion indessen ist die Zunahme weniger deutlich zu sehen.

K. Busz[1] hat bereits 1887 in seinen „Beiträgen zur Kenntnis des Titanits" auf den Einfluß, welchen Mangan- und Eisengehalt auf die Lichtbrechungsverhältnisse dieses Minerales ausüben, aufmerksam gemacht. Weitere Untersuchungen z. B. an Pyroxenen[2], am Epidot[3], Bitterspat[4], Biotit[5] und an der Chrysolith-Fayalitgruppe[6] haben den Einfluß des Eisengehaltes auf die optischen Verhältnisse der Mineralien bestätigt. Im allgemeinen erfahren mit steigendem Eisengehalt die Brechungskoeffizienten eine erhebliche, die Doppelbrechung und die Dispersion dagegen nur eine geringere Zunahme.

Über den Einfluß des Mangans auf die Lichtbrechung scheinen noch wenig Erfahrungen gemacht worden zu sein. Indessen dürfte der Mangangehalt vielleicht eine ähnliche Ver-

[1] Vergl. K. Busz, Beiträge zur Kenntnis des Titanits. Diss. Stuttgart 1887.

[2] A. Schmidt, Daten zur genauen Kenntnis einiger Mineralien der Pyroxenfamilie. Zeitschr. f. Krist. 1893. **21**. 1. E. A. Wülfing, Beiträge zur Kenntnis der Pyroxenfamilie in chemischer und optischer Beziehung. Habilitationsschrift Tübingen 1891.

[3] E. H. Forbes, Über den Epidot von Huntington, Mass., und über die optischen Eigenschaften des Epidots. Zeitschr. f. Krist. 1896. **26**. 138—142.

[4] K. Eisenhuth, Beiträge zur Kenntnis der Bitterspäte. Dissertation. Leipzig 1902. p. 30.

[5] K. Zimányi, Die Hauptbrechungsexponenten der wichtigeren gesteinsbildenden Mineralien bei Na-Licht. Zeitschr. f. Krist. 1894. **22**. 349.

[6] S. L. Penfield und E. H. Forbes, Über den Fayalit von Rockport, Mass., und über die optischen Eigenschaften der Chrysolith-Fayalitgruppe und des Monticellit. Zeitschr. f. Krist. 1896. **26**. 143.

Digitized by Google

änderung in den optischen Verhältnissen hervorrufen wie das Eisen, worauf die Erfahrungen von Busz am Titanit und die niedergelegten Beobachtungen an dem Apatit vom Epprechtstein und von Luxullian hindeuten.

In vorstehender Tabelle (p. 640) sind noch die Apatite zusammengestellt, von denen Angaben über chemische Zusammensetzung sowie Lichtbrechung vorhanden sind.

Der Daten sind noch zu wenige, um klare Beziehungen zwischen der chemischen Konstitution und den Lichtbrechungsverhältnissen beim Apatit erkennen zu lassen. Überdies widersprechen sich die Angaben über die Zusammensetzung bei No. 6, für den Hoskyns-Abrahall[1] 1,98% F, Carnot[2] dagegen 3,54% F angibt.

Es ist wünschenswert, daß für Apatite, deren Lichtbrechungsverhältnisse ermittelt werden, auch die chemische Zusammensetzung von gleichem Material bestimmt wird.

Zusammenfassung der Resultate.

1. Die Paragenesis der Apatite vom Epprechtstein und von Luxullian in Cornwall ist die gleiche; sie sind als pneumatolytische Bildungen anzusehen.

2. Beide Apatite haben ähnliche chemische Zusammensetzung, welche der Formel $Ca_5 P_3 (F, Cl, OH) O_{12}$ entspricht; es sind Fluorapatite mit geringem Chlorgehalte.

3. Bezüglich der kristallographischen Eigenschaften zeigen sie große Übereinstimmung; die Ausbildungsweise, die Formen sind im wesentlichen die gleichen; das Achsenverhältnis ist fast dasselbe.

4. Für beide Apatite ist charakteristisch die meist verhältnismäßig schwache Lichtbrechung, besonders aber die geringe Doppelbrechung. Der Apatit von Luxullian weist die niedrigsten diesbezüglichen Werte auf.

5. Mit steigendem Mangangehalt scheinen Brechungsexponent, Doppelbrechung und Dispersion zu wachsen, ersterer in erheblichem, letztere in geringem Maße.

---

[1] Vergl. J. L. Hoskyns-Abrahall, a. a. O. p. 11.

[2] Vergl. A. Carnot, a. a. O. p. 138.

Digitized by Google

6. Zu den bisher am Apatit bekannten Formen kommen als neu hinzu:

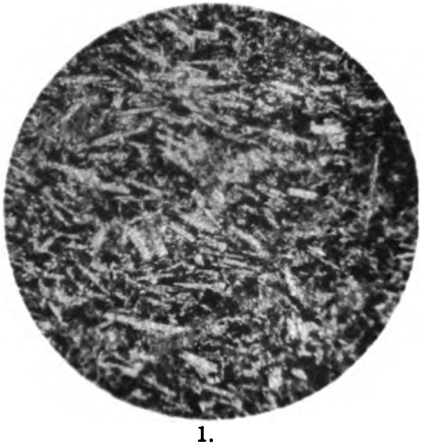
B $\{5490\}$ $\infty P\frac{9}{8}$, K $\{10.9.\bar{1}9.0\}$ $\infty P\frac{9}{10}$ r;
K, $\{19.9.\bar{1}0.0\}$ $\infty P\frac{9}{19}$ l, D $\{13.0.\bar{1}3.4\}$ $\frac{1}{2}P$.

Herrn Prof. Dr. Busz spreche ich für die Unterstützung und Förderung vorliegender Arbeit durch seine mir stets bereitwilligst erteilten Ratschläge und Anleitungen meinen herzlichen Dank aus.

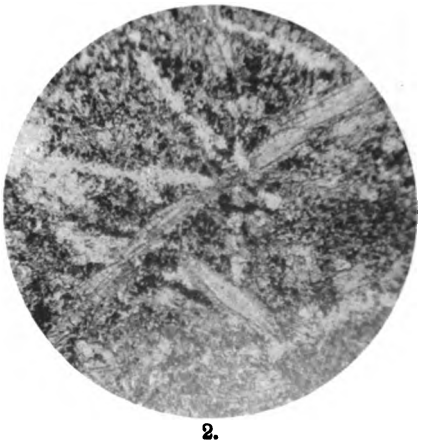
Herrn Prof. Dr. Heydweiller und Herrn Prof. Dr. Konen danke ich ebenfalls für die liebenswürdige Beihilfe bei den optischen Untersuchungen.

Digitized by Google

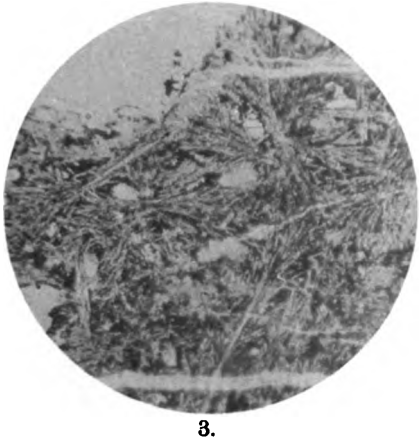
Digitized by Google



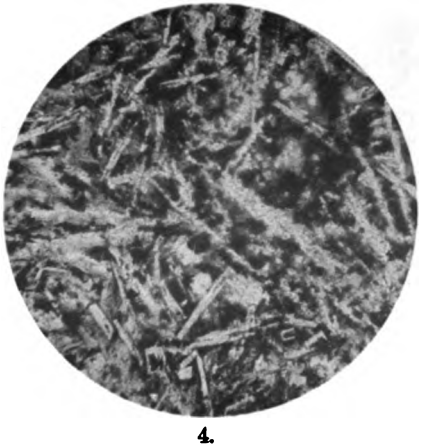
1.



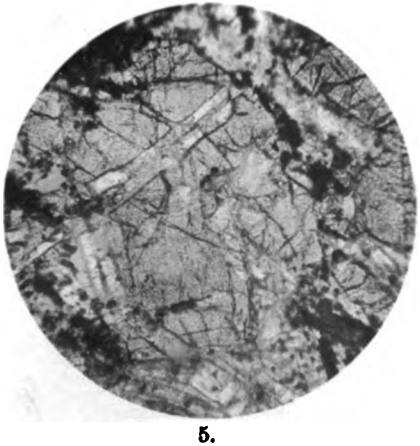
2.



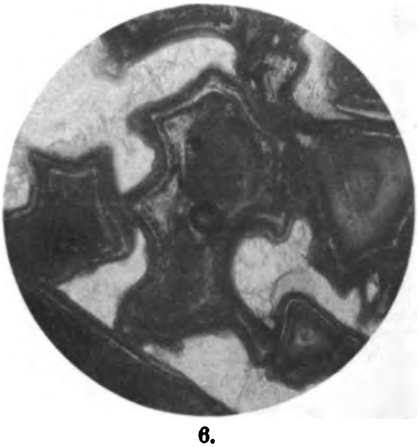
3.



4.



5.



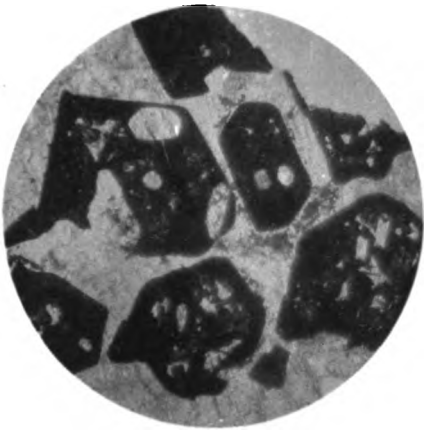
6.

Lichtdruck v. E. Schreiber.

E. Rimann: Beitrag zur Kenntnis der Diabase.

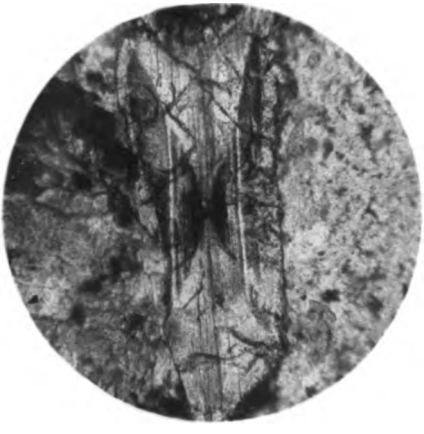
Digitized by Google

Digitized by Google

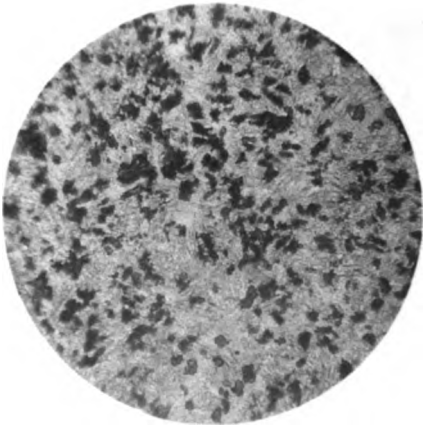


1.

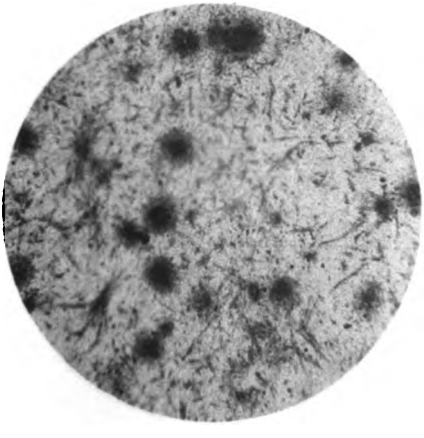
2.



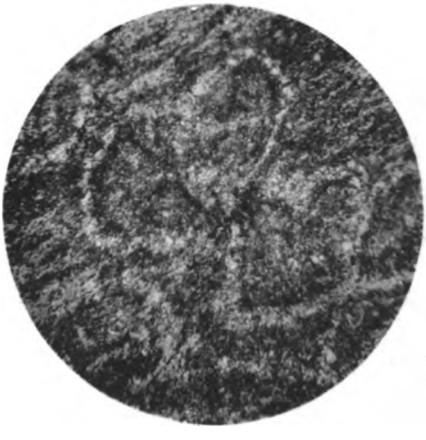
3.



4.



5.



6.

Lichtdruck v. E. Schreiber.

E. Rimann: Beitrag zur Kenntnis der Diabase.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Erklärung zu Tafel III.

Fig. 1. Diopsid in garbenförmiger Anlagerung (I. Reihe). Unten sehr deutliche Sphärolithen.

„ 2. Anorthit in großen Plättchen, von dem umgebenden Diopsid scharf differenziert (I. Reihe).

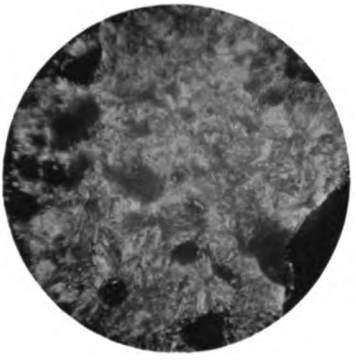
„ 3. Größere Diopsid- und Olivinkristalle (II. Reihe). In der Mitte schöne, stark korrodierte Olivinkristalle.

„ 4. Absonderungen zwischen Diopsid und Olivin (II. Reihe). Diopsid in Säulchen, Olivin in gehäuften Körnern (schlierig).

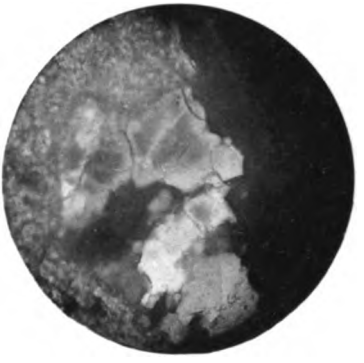
„ 5. Ein Teil der schlierigen Absonderung von Diopsid-Olivin-Anorthit (VI. Reihe), scharf gegen die Umgebung begrenzt.

„ 6. Absonderungen von Nephelin gegenüber dem körnigen Olivine (VII. Reihe).

Digitized by Google



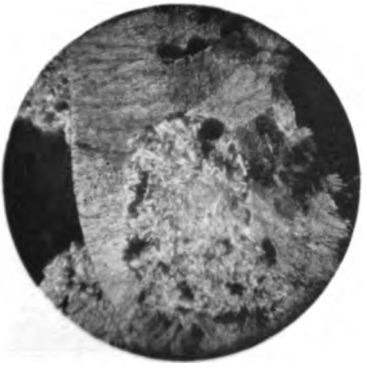
1.



2.

3.

4.



5.

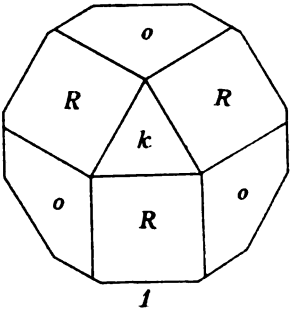
6.

Lichtdruck v. E. Schreiber.

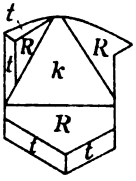
R. Freis: Experimentaluntersuchungen über die Ausscheidungsfolge von Silikaten.

Digitized by Google

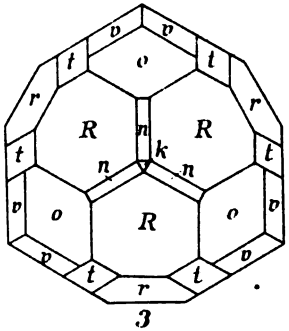
Digitized by Google



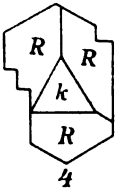
1



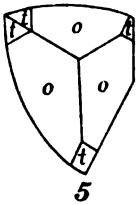
2



3

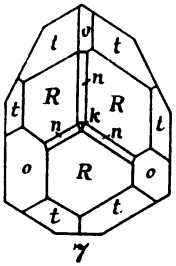


4

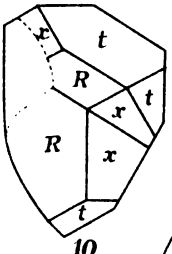


5

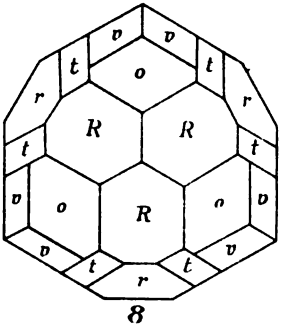
6



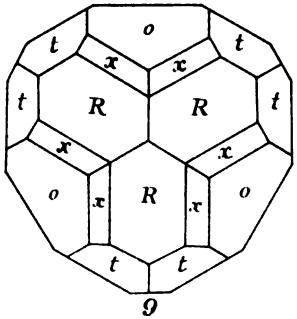
7



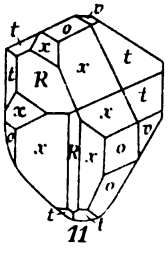
10



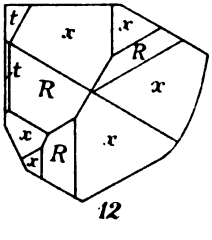
8



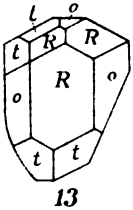
9



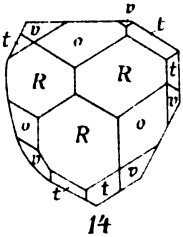
11



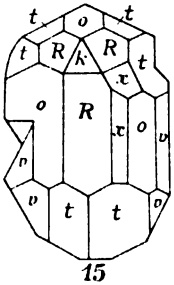
12



13



14



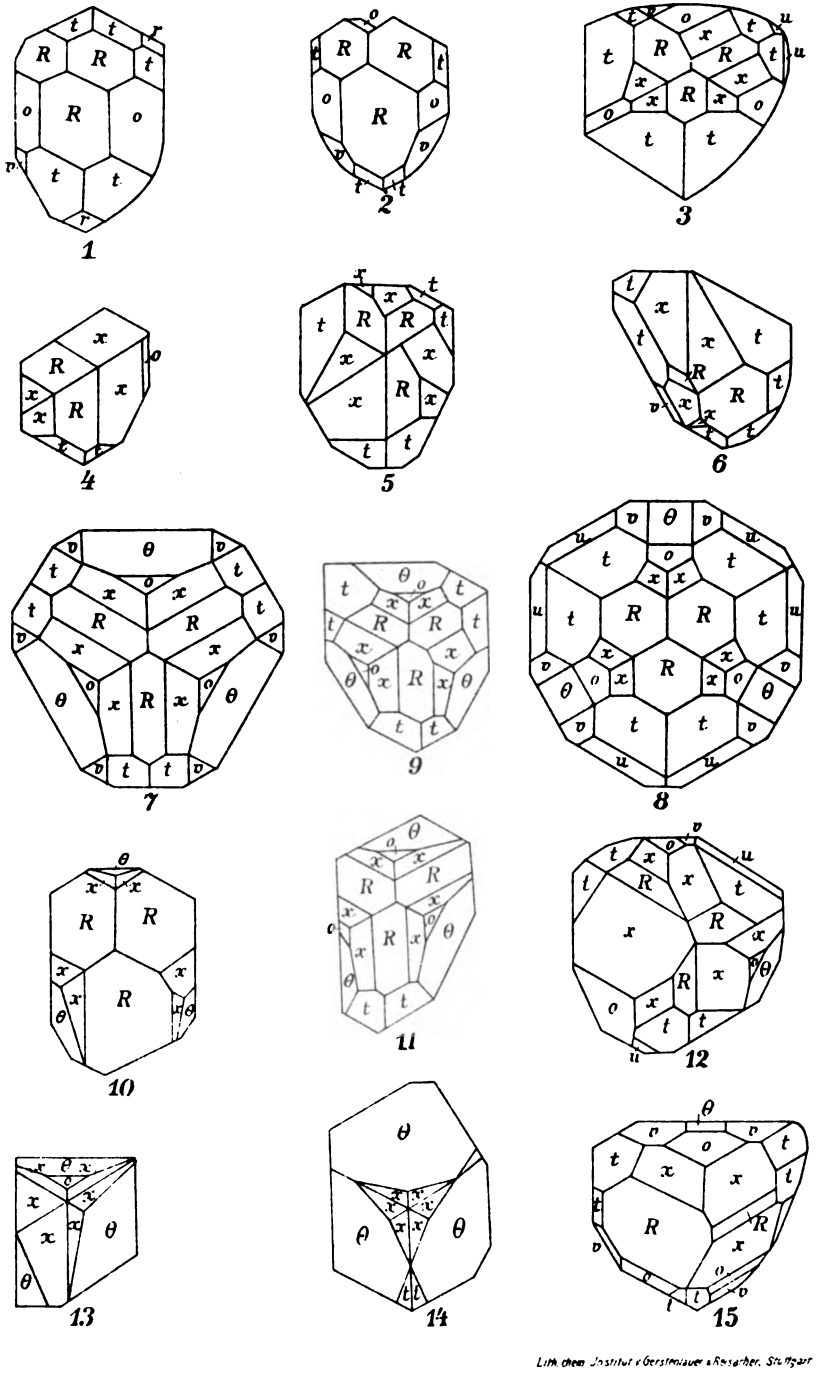
15

Lith. chem. Institut v. Gebrüder Haas, Heidelberg. Stuttgart

G. Reimann: Beiträge zur Kenntnis des Turmalins.

Digitized by Google

Digitized by Google

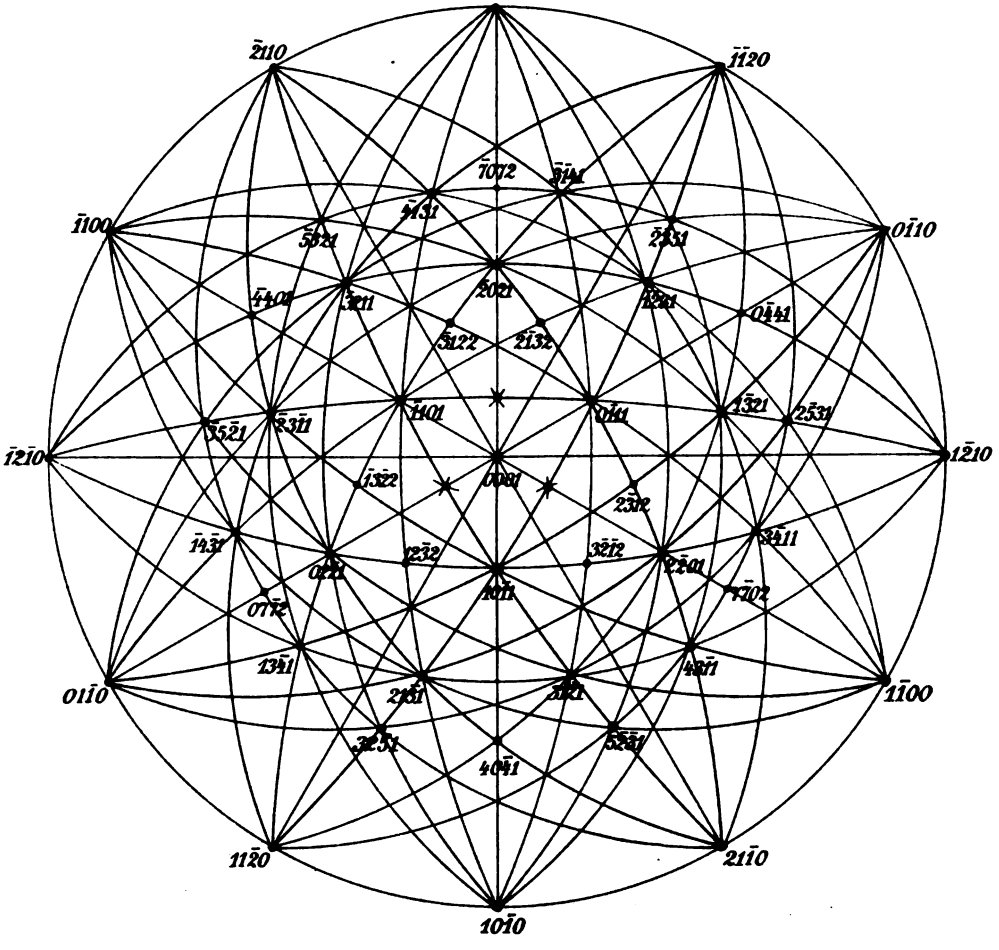


Lith. chem. Institut v. Gerstenlauer & Reisacher, Stuttgart

G. Reimann: Beiträge zur Kenntnis des Turmalins.

Digitized by Google

Digitized by Google



Lith. chem. Institut v. Gerstenhauer u. Reisacher, Stuttgart.

G. Reimann: Beiträge zur Kenntnis des Turmalins.

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

N.

Digitized by Google

Digitized by Google

1. Landsburg (Seite 378).

2. Zipfenkopf (Seite 380).

3. Hellberg [Kottenberg] (Seite 387).

Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co. Stuttgart.

Digitized by Google

Digitized by Google

H

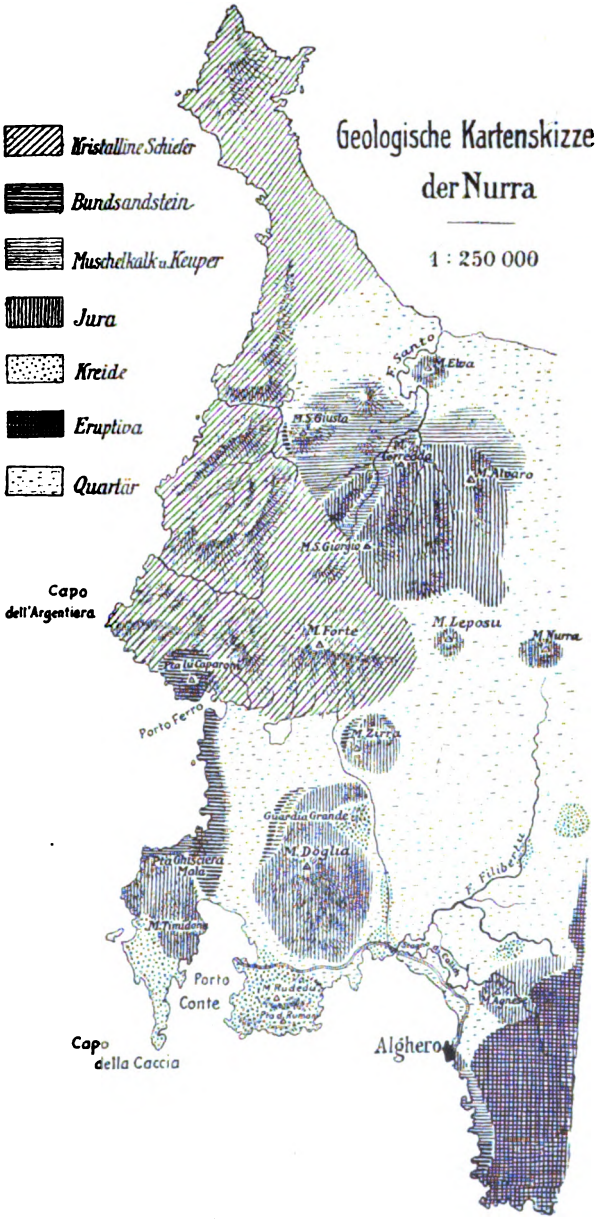
Di

des S

V

Digitized by Google

Digitized by Google



K. Deninger: Die mesozoischen Formationen auf Sardinien.

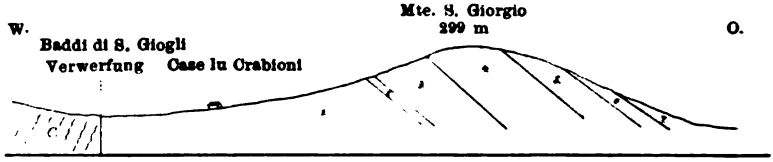
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

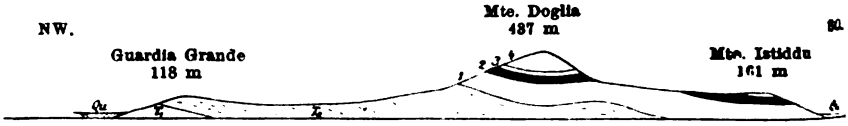
Maßstab 1 : 10000.

Profil 1.



Maßstab 1 : 10000.

Profil 2.



Maßstab 1 : 25000.

Profil 3.

Digitized by Google

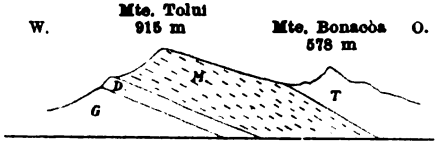
Profil 1.

= Kristalline Schiefer
= Buntsandstein
= Dolomite und Kalke des unteren Muschelkalk
= unterer Trochitenkalk
= Dolomite und Zellenkalke des mittleren Muschelkalk
= oberer Trochitenkalk

Profil 2.

c = Kristalline Schiefer
1 = Dolomite und Kalke des Muschelkalk
2 = Bank mit *Ostrea acuminata*
3 = Braune Kalke mit *Pentacrinus*
4 = oolithische Kalke mit *Pecten*
5 = Brachiopodenkalke
6 = Nerineenkalke
7 = Mergel mit *Pteroperna*

} Bathonien



Maßstab 1 : 25000.

Profil 4.

Profil 3.

= Buntsandstein
= Muschelkalk
= unteres Bathonien
= Brachiopodenkalk
= Kalke mit *Pholadomya Murchisoni*
= helle Kalke des oberen Jura

Profil 4.

G = Granit
D = Dolomit
M = plattige Malmkalke
T = Tithon

ormationen auf Sardinien.

Digitized by Google

Digitized by Google

1.

2a.

2b.

2c.

3a.

2d.

2e.

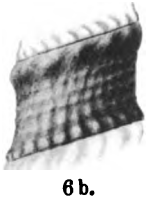
4a.

3b.

6c.

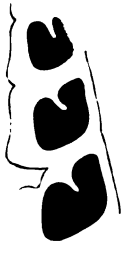
5.

4b.


6b.

6a.

7.



8.

9.

Lichtdruck der Hofkunstanstalt von Martin Rommel & Co., Stuttgart

K. Deninger: Die mesozoischen Formationen auf Sardinien.

Digitized by Google

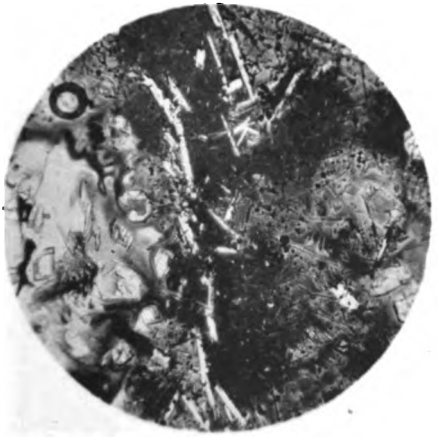
Digitized by Google

1.

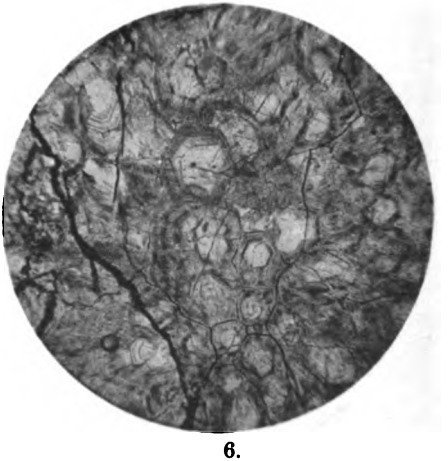
2.

3.

4.



5.

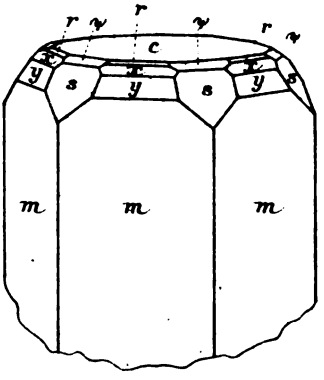


6.

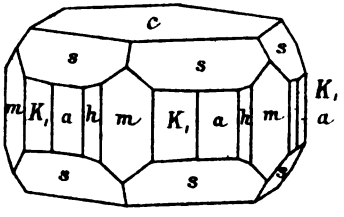
Lichtdruck v. E. Schreiber.

Digitized by Google

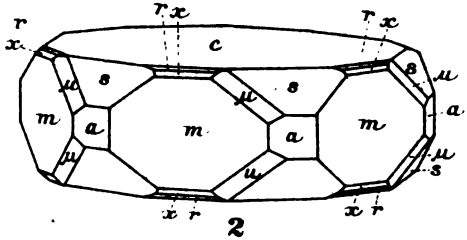
Digitized by Google



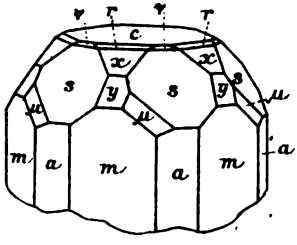
1



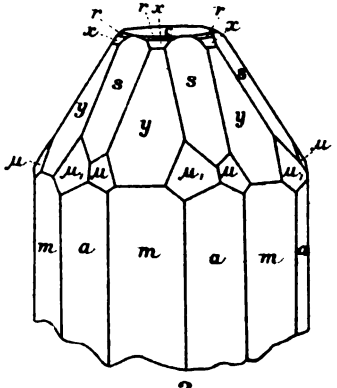
4



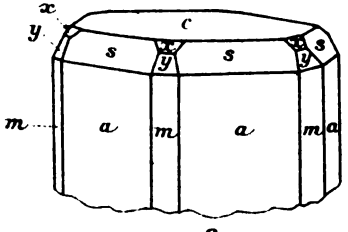
2



5



3



6

Lith. chem. Institut v. Gr. Teplauer & Besecher, Stuttgart.

K. Walter: Über Apatit vom Epprechtstein in Bayern.

Digitized by Google

Digitized by Google

UNIV. OF MICH.
JUN 12 190

18. Mai 1907.

Neues Jahrbuch

für

Mineralogie, Geologie und Paläontologie.

Unter Mitwirkung einer Anzahl von Fachgenossen

herausgegeben von

M. Bauer, in Marburg. **E. Koken,** in Tübingen. **Th. Liebisch** in Göttingen.

XXIII. Beilage-Band.

Drittes Heft.

Mit Tafel XIII—XVII und 2 Textfiguren.

STUTTGART.

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele).

1907.

Diesem Hefte liegt bei:

ein Prospekt der **E. Schweizerbart**'schen Verlagshandlung (E. Nägele **Stuttgart** über: H. Rosenbusch, Mikroskopische Physiographie d Mineralien und Gesteine.

Digitized by Google

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele) in Stuttgart.

Wissenschaftliche Ergebnisse : : einer Reise in Ostafrika : :

in den Jahren 1903—1905

mit den Mitteln der Hermann und Elise geb. Heckmann Wentzel-Stiftung ausgeführt von

Prof. Dr. **Alfred Voeltzkow.**

Das Werk ist in 5 Bände eingeteilt und es enthält:

Band I. **Bericht über die Reise und Übersicht über die Ergebnisse. — Geologie, Paläontologie und Ethnographie.**

Band II u. III. **Systematische Arbeiten aus dem Bereiche der Zoologie und Botanik.**

Band IV u. V. **Anatomie und Entwickelungsgeschichte.**

Gesamtumfang der 5 Bände ca. 375 Bogen Text in gr. 4° u. ca. 200 Tafeln.

Subskriptionspreis für das ganze Werk ca. **Mk. 350.—.**

Außerdem wird jeder Band und jede darin enthaltene Abhandlung **einzeln** abgegeben, wobei eine kleine Preiserhöhung eintritt.

Bisher erschienen resp. befinden sich im Druck:

Bd. II. 1. Prof. F. Siebenrock-Wien. **Schildkröten von Ostafrika und Madagaskar.** 40 S. m. 5 Taf. — Subsk.-Preis Mk. 8.—, Einzelpreis Mk. 10.—.

Bd. II. 2. Prof. W. Michaelsen-Hamburg. **Oligochaeten von Madagaskar, den Comoren und anderen Inseln des westlichen Indischen Ozeans.** — Dr. K. Friederichs-Tübingen. **Embiiden von Madagaskar und Ostafrika.** — Dr. W. Horn-Berlin. **Ciciudeliden von Madagaskar und Ostafrika.** — M. Burr-Dover. **Dermapteren von Madagaskar, den Comoren und Britisch-Ostafrika.** — H. F. Friese-Schwerin i. M. **Apidae von Madagaskar, den Comoren und Ostafrika.** — Dr. v. Schulthess-Rechberg-Zürich. **Vespiden von Madagaskar, den Comoren und Ostafrika.** — Prof. Dr. A. Forel-Yvorne (Schweiz). **Ameisen von Madagaskar, den Comoren und Ostafrika.** — Dr. A. Pagenstecher. **Lepidopteren-Heterocera von Madagaskar, den Comoren und Ostafrika.** — Dr. C. Börner-Steglitz bei Berlin. **Collembolen von Ostafrika, Madagaskar und Südamerika** (Im Druck.)

Bd. IV. 1^{I}. Prof. Dr. F. Hochstetter-Innsbruck. **Beiträge zur Anatomie und Entwickelungsgeschichte des Blutgefäßsystemes der Krokodile.** 140 S. m. 10 Taf. — Subsk.-Preis Mk. 17.—, Einzelpreis Mk. 21.—.

Bd. IV. 1^{II}. Prof. Dr. F. Hochstetter-Innsbruck. **Ueber die Entwickelung der Scheidewandbildungen in der Leibeshöhle der Krokodile.** 66 S. m. 5 Taf. — Subsk.-Preis Mk. 11.—, Einzelpreis Mk. 13 50.

Digitized by Google

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele) in Stuttgart.

PALAEONTOGRAPHICA.

Beiträge zur Naturgeschichte der Vorzeit.

Herausgegeben von

Prof. Dr. **E. Koken** in Tübingen und Prof. Dr. **J. F. Pompeckj** in Göttingen.

Bisher erschienen 53 Bände 4° im Umfange von je ca. 40 Bogen Text und 28 Tafeln.

Preis pro Band Mk. 60.—.

Die Abhandlungen sind auch einzeln zu haben. Im Nachstehenden führen wir eine Anzahl der in der letzten Zeit erschienenen Arbeiten an:

Oppenheim, P.: Zur Kenntnis alttertiärer Faunen in Ägypten. 1. Lieferung: Der Bivalven erster Teil (Monomyaria, Heteromyaria, Homomyaria und Siphonida integripalliata). 21 Bogen mit 17 Tafeln. Preis Mk. 40.—.

— Zur Kenntnis alttertiärer Faunen in Ägypten. 2. Lieferung: Der Bivalven zweiter Teil, Gastropoda und Cephalopoda. 44 Bogen mit 10 Tafeln und 35 Figuren im Text . . . . . „ „ 36.—.

Böhm, G.: Beiträge zur Geologie von Niederländisch-Indien. I. Abteilung: Die Südküsten der Sula-Inseln Taliabu und Mangoli. 1. Abschnitt: Grenzschichten zwischen Jura und Kreide. 3 Bogen mit 7 Tafeln, 2 Karten und 15 Textfiguren . . . . . „ „ 15.—.

— 2. Abschnitt: Der Fundpunkt am oberen Lagoi auf Taliabu. — 3. Abschnitt: Oxford des Wai Galo. 10 Bogen mit 24 Tafeln, 2 Karten und 40 Figuren im Text . . . . . „ „ 40.—.

Neumayer, L.: Die Koprolithen des Perms von Texas. 1 Bogen mit 1 Tafel . . . . . „ „ 2.50.

Hennig, E.: Gyrodus und die Organisation der Pyknodonten. 9 Bogen mit 3 Tafeln . . . . . „ „ 20.—

Rautenberg, M.: Über Pseudolestodon hexaspondylus. 7 Bogen mit 6 Tafeln . . . . . „ „ 24.—.

Krumbeck, L.: Beiträge zur Geologie und Palaeontologie von Tripolis. 11 Bogen mit 3 Tafeln und 2 Textfiguren . . . . . „ „ 20.—.

Pethö, J.: Die Kreide-(Hypersenon-)Fauna des Peterwardeiner (Pétervárader) Gebirges (Fruska Gora). 35 Bogen mit 22 Tafeln und 10 Textfiguren . . „ „ 60.—.

Plieninger, F.: Die Pterosaurier der Juraformation Schwabens. 13 Bogen mit 6 Tafeln und 40 Textfiguren . . . . . „ „ 30.—.

Sieberer, K.: Die Pleurotomarien des schwäbischen Jura. 8½ Bogen mit 5 Tafeln und 27 Textfiguren . . . „ „ 20.—.

Digitized by Google

Inhalt des dritten Heftes.

	Seite
Deninger, K.: Die mesozoischen Formationen auf Sardinien. (Mit Taf. XIII—XV.)	435
Heinich, R.: Die geologisch-petrographischen Verhältnisse der Umgegend von Rothau im böhmischen Erzgebirge. (Mit Taf. XVI und 2 Textfiguren.) .	474
Pfaff, F. W.: Über Dolomit und seine Entstehung .	529
Walter, K.: Über Apatit vom Epprechtstein in Bayern und von Luxullian in Cornwall. (Mit Taf. XVII.)	581

E. Schweizerbart'sche Verlagshandlung (E. Nägele) in Stuttgart.

Soeben erschienen:

Festschrift

Adolf v. Koenen

gewidmet von seinen Schülern

zum siebzigsten Geburtstag

am 21. März 1907.

Kl. 4°. XXXI. 115 Seiten.

Mit 1 Porträt, 13 Tafeln, 1 Textbeilage und 20 Textfiguren.

16 Abhandlungen von Bücking, von Linstow, Grupe, Steuer, Menzel, Beushausen, Tornquist, Mestwerdt, Holzapfel, Denckmann, Stille, Clarke, Rinne, Smith, Bode, Harbort.

Preis: Brosch. M. 26.—.

REPERTORIUM

zum

Neuen Jahrbuch für Mineralogie, Geologie und Paläontologie

für die Jahrgänge 1900—1904, das Centralblatt für Mineralogie etc. Jahrg. 1—5 (1900—1904) und die Beilagebände XIII—XX.

Ein Personen-, Sach- und Ortsverzeichnis für die darin enthaltenen Originalabhandlungen und Referate.

8°. 594 Seiten. — **Preis Mk. 16.—.**

Verlag von E. Schweizerbart (E. Nägele) in Stuttgart, Johannesstrasse 3.
Druck von Carl Grüninger, K. Hofbuchdruckerei Zu Gutenberg (Klett & Hartmann), Stuttgart.

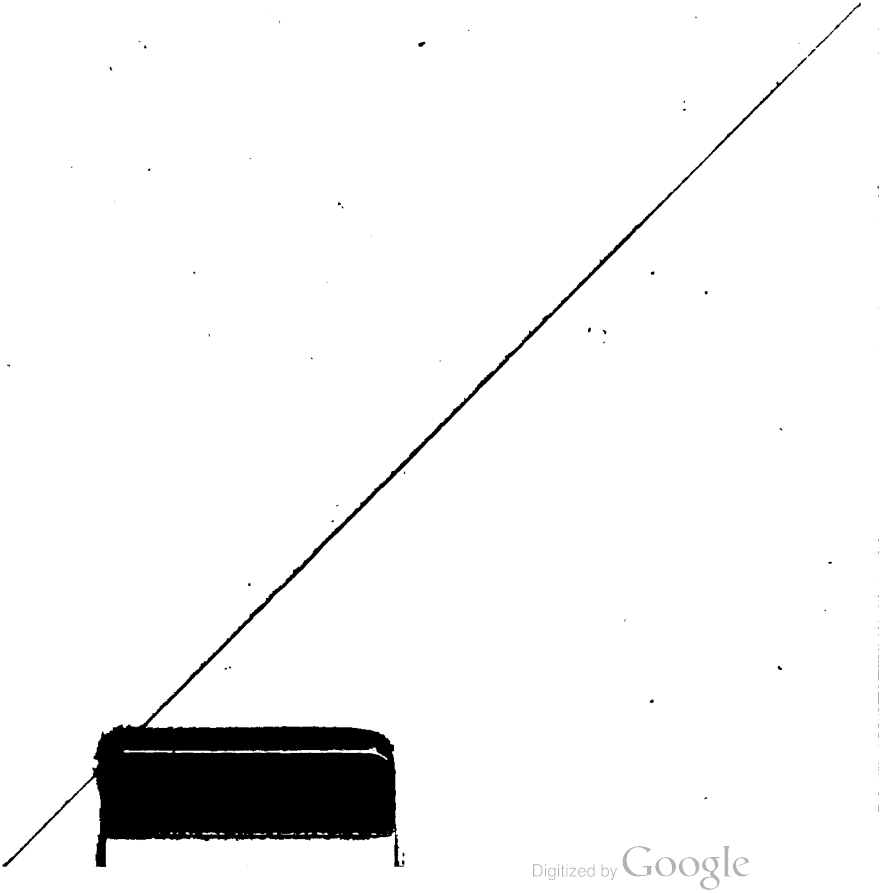
Digitized by Google

Digitized by Google

Digitized by Google

BOUND IN LIBRARY
JAN 8 1908

UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 07054 6497



Digitized by Google

Digitized by Google